CAROLINE HARUMI SEINO

**Termografia infravermelha como método auxiliar no diagnóstico da mastite
em cabras**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Clínica Veterinária da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo para a obtenção do título de Doutor em Ciências.

Departamento:
Clínica Médica

Área de concentração:
Clínica Veterinária

Orientador:
Prof. Dr. Fernando José Benesi

São Paulo
2019

Autorizo a reprodução parcial ou total desta obra, para fins acadêmicos, desde que citada a fonte.

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO

(Biblioteca Virginie Buff D'Ápice da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo)

T. 3786
FMVZ

Seino, Caroline Harumi
Termografia infravermelha como método auxiliar no diagnóstico da mastite em cabras
/ Caroline Harumi Seino. – 2019.
82 f. : il.

Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo. Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia. Departamento de Clínica Médica, São Paulo, 2019.

Programa de Pós-Graduação: Clínica Veterinária.

Área de concentração: Clínica Veterinária.

Orientador: Prof. Dr. Fernando José Benesi.

1. Termograma. 2. Glândula mamária. 3. Leite. 4. Caprinos. 5. Exame microbiológico. I.
Título.

CERTIFICADO

Certificamos que a proposta intitulada "Termografia infravermelha como método auxiliar no diagnóstico da mastite em cabras", protocolada sob o CEUA nº 9093290115, sob a responsabilidade de **Fernando José Benesi** - que envolve a produção, manutenção e/ou utilização de animais pertencentes ao filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto o homem), para fins de pesquisa científica ou ensino - está de acordo com os preceitos da Lei 11.794 de 8 de outubro de 2008, com o Decreto 6.899 de 15 de julho de 2009, bem como com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle da Experimentação Animal (CONCEA), e foi **aprovada** pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo (CEUA/FMVZ) na reunião de 15/03/2017.

We certify that the proposal "Infrared thermography as an auxiliary method in the diagnosis of mastitis in goats", utilizing 80 Caprines (80 females), protocol number CEUA 9093290115, under the responsibility of **Fernando José Benesi** - which involves the production, maintenance and/or use of animals belonging to the phylum Chordata, subphylum Vertebrata (except human beings), for scientific research purposes or teaching - is in accordance with Law 11.794 of October 8, 2008, Decree 6899 of July 15, 2009, as well as with the rules issued by the National Council for Control of Animal Experimentation (CONCEA), and was **approved** by the Ethic Committee on Animal Use of the School of Veterinary Medicine and Animal Science (University of São Paulo) (CEUA/FMVZ) in the meeting of 03/15/2017.

Finalidade da Proposta: **Pesquisa**

Vigência da Proposta: de 01/2017 a 06/2018

Área: **Clínica Médica Veterinária**

Origem: **Animais provenientes de estabelecimentos comerciais**

Espécie: **Caprinos**

sexo: **Fêmeas**

Idade: **6 a 120 meses**

N: **80**

Linhagem: **De acordo com a prop**

Peso: **15 a 70 kg**

Resumo: No Brasil, o mercado de leite caprino está em ascensão, com crescente quantidade de produtos disponíveis e de consumidores, estimulando a caprinocultura leiteira nacional a sofrer mudanças com intensificação na produção e melhoramento do plantel. Devido a esse aprimoramento na produção leiteira caprina, aumentaram-se os cuidados sobre a sanidade da glândula mamária e a qualidade do leite, por meio do controle intensivo tanto sobre o beneficiamento do leite como em relação à segurança alimentar, destacando-se a mastite como principal enfermidade desse ramo produtivo, pois possui prevalência de 22 a 75% e gera graves prejuízos econômicos. A mastite caprina pode se apresentar com manifestações clínicas ou sem sintomas clínicos de inflamação (inaparente), sendo este último o predominante nos pequenos ruminantes e com grande impacto na produtividade, reduzindo de 5 a 20% a produção leiteira. Diante dessa constatação, diagnóstico da mastite é realizado por meio do exame físico e análise do leite utilizando-se métodos diretos que se baseiam na identificação do agente etiológico (avaliação microbiológica), e os testes indiretos que se fundamentam em vários critérios de avaliação da intensidade da reação inflamatória, dentre os principais estão o [California Mastitis Test] (CMT) e a Contagem de Células Somáticas (CCS). Porém, contrario aos bovinos, a exatidão do CMT e CCS é duvidosa nos caprinos devido ao tipo de glândula mamária nessa espécie que apresenta maior descamação do epitélio glandular no leite tanto em úberes infectados como em sadios, exigindo maior cautela na interpretação recomendando-se que seja associado ao cultivo bacteriológico. Alguns estudos recentes com bovinos demonstraram sucesso da termografia infravermelha na detecção de mastite em bovinos, pela premissa de que a temperatura da superfície da pele reflete a circulação subcutânea e o metabolismo local, o que sugere que o calor emitido e mensurado pela câmera de TIV pode avaliar o estado sanitário da glândula mamária. Assim, frente às particularidades de composição do leite de cabras que levam às dificuldades de interpretação e a imprecisão dos métodos de diagnóstico empregados atualmente na detecção da mastite dessa espécie, e a possibilidade da termografia infravermelha como um recurso não invasivo e aplicável em condições de campo, ressalta-se a necessidade de estudar o método diagnóstico a fim de validá-lo como ferramenta auxiliar na identificação de animais enfermos mais precocemente, culminando em maior sucesso no tratamento e melhoria na produção leiteira caprina.

Local do experimento: Todos os procedimentos realizados diretamente ao animal, serão realizados na própria propriedade leiteira em local adequado as condições propostas pelo estudo. As demais avaliação laboratoriais serão realizadas nos Laboratórios da FMVZ/USP.

São Paulo, 26 de junho de 2017

Prof. Dra. Denise Tabacchi Fantoni

Presidente da Comissão de Ética no Uso de Animais

Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo

Roseli da Costa Gomes

Secretaria Executiva da Comissão de Ética no Uso de Animais

Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo

FOLHA DE AVALIAÇÃO

Autor: SEINO, Caroline Harumi

Título: Termografia infravermelha como método auxiliar no diagnóstico da mastite em cabras

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em
Clínica Veterinária da Faculdade de Medicina
Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo
para obtenção do título de Doutor em Ciências.

Data: ____/____/____

Banca Examinadora

Prof. Dr. _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

Dedico ao meu filho, Gabriel Keiji, pela alegria inspiradora e amor motivador...

AGRADECIMENTOS

À minha família, o alicerce da minha vida. Sem eles não conseguiria enfrentar e superar mais essa batalha profissional. Participaram das minhas alegrias, compreenderam minhas frustrações e apoiaram minhas decisões. Não há palavra que possam expressar o quão fundamental são na minha vida.

Ao Rodolfo que foi o responsável pela interminável e exaustiva análise estatística do projeto e foi o grande companheiro nas coletas à campo. É o principal encorajador aos novos desafios e conselheiro nas horas cruciais. Sua paciência, seu amor e sua presença foram e são essenciais a mim.

Ao meu orientador, Professor Doutor Fernando José Benesi, que mais uma vez aceitou em me orientar e compreendeu as condições para conseguir prosseguir na pós-graduação. Agradeço a confiança depositada e os conhecimentos compartilhados durante esses anos de convivência.

Aos responsáveis e funcionários das propriedades de caprinos leiteiros. A oportunidade que ofereceram foi imprescindível para a execução do projeto. Obrigada pelo carinho, pela compreensão e pelo aprendizado. Foram os responsáveis por enaltecer meu amor à caprinocultura leiteira.

Aos animais que são a razão das pesquisas e da dedicação à profissão.

A toda equipe do Laboratório do Departamento de Clínica Médica da FMVZ/USP, em especial à Biomédica Claudia Regina Stricagnolo que me ensinou e me ajudou muito nas análises microbiológicas.

A Dra Maria do Carmo C. S. H. Lara, do Instituto Biológico, que me ensinou com muita paciência a técnica de IDGA para o diagnóstico de CAE.

Aos professores do Departamento de Clínica Médica, principalmente a Profa Dra Alice M. M. Della Libera e Profa Dra Viviani Gomes que se ofereceram prontamente a ajudar nas minhas dúvidas e dificuldades principalmente referentes ao projeto de pesquisa.

À Profa Dra Annelise de Souza Traldi, pela gentileza em ceder as cabras sob sua responsabilidade para a realização do projeto piloto.

As parceiras Suzana, Juliana, Elisa e Gabi Soares que não hesitaram em acordar cedo e me ajudar nas coletas.

Aos amigos que estiveram presentes em muitas ocasiões, nas alegrias, nas conquistas, nas intempéries e surpresas da vida. “A amizade duplica as alegrias e divide as tristezas”.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) – nº do processo 1519935.

“É o que nós pensamos que sabemos que nos impede de aprender”

Claude Bernard

RESUMO

SEINO, C.H. **Termografia infravermelha como método auxiliar no diagnóstico de mastite em cabras**. 2019. 82f. Tese (Doutorado em Ciências) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2019.

A mastite é uma das principais enfermidades registradas na caprinocultura leiteira e gera impactos na sanidade da glândula mamária e na qualidade do leite. Apresenta-se predominantemente com sintomas clínicos inaparentes e, por esse motivo, realiza-se o diagnóstico dessa afecção por meio da avaliação do leite utilizando-se métodos diretos, na identificação do agente etiológico, e indiretos, como o “California Mastitis Test” (CMT) e a Contagem de Células Somáticas (CCS). Entretanto, o diagnóstico por meio do CMT e da CCS nessa espécie animal deve ser cautelosa devido a algumas peculiaridades do leite das cabras, sendo recomendado a associação desses métodos com o exame microbiológico, o que nem sempre é possível. Frente às limitações dos meios diagnósticos empregados, ressalta-se a termografia infravermelha como um recurso aplicável na prática e cujo potencial na avaliação de processos inflamatórios da glândula mamária já foi demonstrado em estudos recentes nos bovinos. Diante disso, objetivou-se avaliar a utilização da câmera infravermelha como ferramenta auxiliar na identificação de infecção intramamária em caprinos. Para tal, avaliou-se 267 metades mamárias (134 cabras leiteiras), distribuindo-as de acordo com o resultado do exame microbiológico do leite, em grupo “controle” (metades mamárias com cultura microbiológica negativa) e grupo “mastite” (metades mamárias com cultura microbiológica positiva). Padronizou-se a vista caudal do úbere de todos os animais como aquela para se obter as imagens termográficas. Na avaliação dos termogramas obteve-se as temperaturas superficiais do úbere (TSU) dos animais, considerando-se a temperatura máxima (Tmax) e temperatura média (Tmed). Com a finalidade de delimitar uma área da região anatômica a ser mensurada, foram propostos métodos que utilizam três figuras geométricas de análise (círculos, linha e elipse). Inicialmente realizou-se a avaliação da TSU das glândulas mamárias do grupo “controle” (174 metades mamárias) por meio de modelo estatístico multivariável. Os resultados indicaram que a “Tmed elipse” e “Tmed círculo ápice” representavam os dois melhores métodos de avaliação da TSU e identificou-se os fatores que influenciavam a TSU como fase de lactação, temperatura retal, presença de pelos e diagnóstico para o vírus da artrite-encefalite caprina (CAE). A partir desses resultados, comparou-se a TSU dos grupos experimentais, por meio de modelos lineares mistos, ajustados com base nas variáveis explanatórias. Não se observou uma diferença estatisticamente significativa entre os grupos experimentais, demonstrando-se que a termografia infravermelha não identificou diferença nas temperaturas

das metades mamárias de cabras com cultura microbiológica positiva. Entretanto, inesperadamente, observou-se que a temperatura dos animais soropositivos para CAE eram maiores que aquelas dos animais soronegativos, independente da presença de infecção intramamária. Isso demonstra uma possível aplicação da termografia infravermelha na avaliação dessa enfermidade e instiga à pesquisas futuras devido a importância dessa enfermidade para a caprinocultura.

Palavras-chave: Termograma. Glândula mamária. Leite. Caprinos. Exame microbiológico

ABSTRACT

SEINO, C.H. **Infrared thermography as an auxiliary method in the diagnosis of mastitis in goats**. 2019. 82f. Tese (Doutorado em Ciências) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2019.

Mastitis is one of the most important disease of dairy goat breeding, and it has a great impact on mammary gland health and milk quality. Clinical signs of inflammation are predominantly unapparent in this species. Mastitis diagnosis is performed through milk analysis using direct methods for identification of the etiological agent and using indirect methods such as California Mastitis Test (CMT) and Somatic Cell Counting (SCC). However, the accuracy of CMT and SCC in goats is questionable due to desquamation of glandular epithelium in both healthy and diseased animals. Association of indirect methods and microbiological examination is required for proper mammary gland evaluation however it is often inaccessible for dairy producers. In this context, infrared thermography is highlighted as an applicable and practical method with potential use for inflammatory processes evaluation of the mammary gland as demonstrated in recent studies in cattle. The objective of this study was evaluated the use of the infrared camera as an auxiliary diagnostic method tool for mastitis identification in goats. A total of 267 mammary halves (134 dairy goats) were evaluated and classified according to the results of microbiological examination of the milk as “control” group (mammary halves with no growth or negative culture) and “mastites” group (mammary halves with pathogen isolation or positive culture). Caudal view of the udder was suggested to obtain best thermographic images. In the evaluation of the thermograms, udder surface temperatures (UST) were measured for obtaining maximum temperature (MaxT) and mean temperature (MeanT). In order to delimitate an area of the udder anatomical region to be measured, three methods were proposed according to geometrical analysis tools (circles, line and ellipse). Initially, UST evaluation of the control group (174 halves) was performed using multivariable statistical modeling. Results indicates the two best methods of the UST were “Tmean ellipse” and “Tmean apex circle”. Factors that influenced UST were identified such as lactation stage, rectal temperature, presence of feer in the udder and diagnostic of caprine arthritis-encephalitis. In front of these results, UST of the experimental groups were compared using linear mixed models adjusted according to the factors that influenced UST. Experimental groups were not statistically different suggesting that the use of infrared thermography is not a suitable diagnostic method for identification of infected mammary halves in goats. However, interestingly ly, it was observed that the temperature of seropositive animals for CAE were higher than those of seronegative animals,

regardless of the presence of intramammary infection. This finding suggest a possible application of infrared thermography in the evaluation of this disease and instigating future research due to the importance of this disease for goat production system.

Keywords: Thermogram. Mamary gland. Milk. Caprine. Microbiologic culture

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Realização e esquematização da vista caudocranial (A) para obtenção dos termogramas. Exemplificação do termograma e da respectiva fotografia da vista caudocranial (B)	35
Figura 2 -	Propostas de análise dos termogramas em vista caudocranial: A) Termograma com as figuras geométricas de análise realizadas no software da câmara termográfica. B) Termograma com o esquema das figuras geométricas de análise de cada proposta: “linha” (linha pontilhada), “círculo base” (área acinzentada 1), “círculo meio” (área acinzentada 2), “círculo ápice” (área acinzentada 3), “elipse” (linha tracejada)	36
Figura 3 -	Fotografia do kit comercial utilizado na realização do teste bioquímico	37
Figura 4 -	Fotografias do úbere de cabras da raça Saanen em vista caudocranial, exemplificando os tipos de coloração da pele do úbere. A – despigmentado; B – pouco pigmentado; C – muito pigmentado	39
Figura 5 -	Fotografias do úbere de cabras da raça Saanen em vista caudocranial, exemplificando as classificações quanto a presença de pelo no úbere. A – ausente/rarefeito; B – média densidade; C – alta densidade	39
Figura 6 -	Representação gráfica das temperaturas superficiais do úbere ajustadas de cada figura geométrica selecionada em relação aos grupos experimentais propostos no estudo “caso x controle”	51
Figura 7 -	Termogramas dos úberes de cabras com isolamento de <i>Staphylococcus aureus</i> em uma das metades mamária e sem isolamento microbiológico na metade oposta	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Resultados do exame microbiológico das amostras de leite considerando as metades mamárias estudadas	43
Tabela 2 -	Características populacionais dos rebanhos (A, B e C) e animais incluídos no estudo “padronização da TIV” em relação às variáveis categóricas	44
Tabela 3 -	Características populacionais dos rebanhos (A, B e C) e animais incluídos no estudo “padronização da TIV” em relação às variáveis numéricas	44
Tabela 4 -	Estatística descritiva (não ajustada) para temperatura superficial do úbere de metades mamárias de cabras sem infecção intramamária do estudo “padronização da TIV”	45
Tabela 5 -	Resultados dos modelos multivariados para determinação da temperatura superficial do úbere de metades mamárias sem infecção intramamária (estudo “padronização da TIV”)	46
Tabela 6 -	Resultados das estimativas ajustadas das temperaturas superficiais das metades mamárias sem infecção considerando-se as figuras geométricas de análise selecionadas (estudo “padronização da TIV”)	48
Tabela 7 -	Características (variáveis categóricas) dos grupos “controle” e “mastite” incluídos no estudo “caso x controle” em nível de metade mamária	49
Tabela 8 -	Características (variáveis numéricas) dos grupos “controle” e “mastite” incluídos no estudo “caso x controle” em nível de metade mamária	50
Tabela 9 -	Resultados das estimativas ajustadas da temperatura superficial do úbere das metades mamárias dos grupos experimentais propostos no estudo “caso x controle”	53

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 -	Frequência das espécies de <i>Staphylococcus</i> em mastite subclínicas em pesquisas mundiais	21
Quadro 2 -	Descrição das variáveis mensuradas que possivelmente influenciam a temperatura superficial do úbere	38
Quadro 3 -	Análise bivariada das variáveis que podem influenciar a temperatura superficial do úbere de cabras sem infecção intramamária. (+) Significativa, $P < 0,05$; (-) Não significativa	46
Quadro 4 -	Variáveis explanatórias que influenciam as temperaturas superficiais do úbere em metades mamárias sem infecção de acordo com as figuras geométricas de análise selecionadas (estudo “padronização da TIV”)	47
Quadro 5 -	Características das cabras com infecções por <i>Staphylococcus aureus</i>	52
Quadro 6 -	Resultados da modelagem e estimativas ajustadas da temperatura superficial do úbere das metades mamárias dos grupos experimentais propostos no estudo “caso x controle” com estratificação pelo diagnóstico de CAE	54

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
2	REVISÃO DE LITERATURA	18
2.1	MASTITE EM CAPRINOS	18
2.2	DIAGNÓSTICO DE MASTITE	22
2.3	TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA	25
2.3.1	Fundamentos da radiação infravermelha	25
2.3.2	Limitações da termografia infravermelha	27
2.3.3	Tecnologia infravermelha e suas aplicações	28
2.3.4	Termografia infravermelha na glândula mamária	30
3	MATERIAL E MÉTODOS	32
3.1	REBANHO E ANIMAIS	33
3.2	IMAGEM TERMOGRÁFICA	34
3.3	COLETA DE AMOSTRAS DE LEITE	36
3.4	AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA.....	37
3.5	VARIÁVEIS EXPLANATÓRIAS	37
3.6	NÚMERO AMOSTRAL E GRUPOS EXPERIMENTAIS	40
3.7	FORMA DE ANÁLISE DOS RESULTADOS	41
3.7.1	Análise dos dados do estudo “padronização da temperatura infravermelha”	41
3.7.2	Análise dos dados do estudo “caso x controle”	42
4	RESULTADOS	42
4.1	EXAME MICROBIOLÓGICO	42
4.2	RESULTADOS DO ESTUDO “PADRONIZAÇÃO DA TIV”	43
4.2.1	Variáveis explanatórias	45
4.3	RESULTADOS DO ESTUDO “CASO X CONTROLE”	49

5	DISCUSSÃO	55
6	CONCLUSÕES	65
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	66
	APÊNDICE.....	81

1 INTRODUÇÃO

A mastite é a principal enfermidade observada na caprinocultura leiteira, caracterizada pela inflamação da glândula mamária, e que pode reduzir a qualidade do leite e subprodutos e, conseqüentemente, levar à importante prejuízo econômico aos produtores. As manifestações clínicas clássicas dessa enfermidade com alterações na glândula ou no leite são pouco frequentes, o que determina a necessidade de lançar mão de outros recursos diagnósticos. Adicionalmente, as peculiaridades da espécie caprina em relação às características do leite exigem maior cuidado na interpretação dos resultados dos principais métodos diagnósticos, consagrados em bovinos, como o “California Mastitis Test” (CMT) e a Contagem de Células Somáticas (CCS).

Face a isso, a avaliação microbiológica é considerada o método “padrão ouro” nessa espécie. Entretanto, apresenta algumas limitações, tanto na análise de rebanhos com numerosos exames devido a execução trabalhosa, como para os cuidados na realização de uma coleta asséptica que exigem profissionais treinados, além de alguns equipamentos e instalações adequados para o plaqueamento e incubação das amostras. É importante ressaltar que pode haver algumas interferências no sucesso desse exame como, as flutuações na eliminação dos microrganismos pelo leite e o isolamento de agentes mesmo em ausência de mastite propriamente dita, demonstrando que é preciso também cautela na interpretação dos resultados do exame microbiológico.

Essas evidências demonstram a necessidade de um método diagnóstico alternativo para a identificação da mastite caprina, que também seja prática e viável para ser empregado em programas de controle em rebanhos. Em busca dessa possibilidade diagnóstica, foi realizada uma revisão bibliográfica sobre as atualidades no diagnóstico da mastite, e identificou-se a termografia infravermelha como um método promissor em bovinos. O diagnóstico da enfermidade nessa espécie e por esse método é baseado na identificação do aumento da temperatura superficial do úbere decorrente de um processo inflamatório na glândula mamária. As pesquisas em bovinos revelaram resultados satisfatórios para a identificação da mastite clínica e da inaparente (conhecida como subclínica), e também no diagnóstico precoce da doença. Há outros estudos realizados em outras espécies que também obtiveram os mesmos resultados positivos da termografia no diagnóstico da mastite, entretanto ainda não foram realizados estudos na espécie caprina.

Diante dos promissores resultados das pesquisas atuais que utilizaram a termografia infravermelha no diagnóstico da mastite, somado aos percalços da obtenção e da interpretação

dos resultados dos métodos diagnósticos da mastite caprina disponíveis, motivaram a realização do presente estudo. Assim, o objetivo dessa pesquisa foi avaliar a utilização da câmera infravermelha no diagnóstico da mastite em cabras. A estratégia proposta para alcançar essa finalidade foi, inicialmente, determinar a temperatura da superfície do úbere (TSU) em cabras sem infecção intramamária e averiguar a melhor forma de avaliação do úbere caprino e as influências das variações ambientais e individuais. A partir disso foi analisada a possibilidade da utilização da câmera termográfica infravermelha como alternativa diagnóstica para a detecção de inflamação na glândula mamária em caprinos.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 MASTITE EM CAPRINOS

O mercado brasileiro de consumo do leite caprino está em ascensão, com crescente quantidade de produtos disponíveis na forma de leite (pasteurizado, em pó e longa vida UHT), queijos, iogurtes e cosméticos. Tal fato evidencia o aumento de consumidores que incorporaram esses produtos na dieta, pelo seu alto valor nutritivo e muitas vezes devido a sua indicação eletiva aos indivíduos com problemas digestivos e intolerantes ao leite e produtos lácteos de origem bovina. Consonante a esse cenário estimulador, nos últimos anos, a caprinocultura leiteira nacional, sofreu mudanças com intensificação na produção, importação de matrizes leiteiras e melhoramento do plantel. Devido a esse aumento na produção leiteira, a sanidade da glândula mamária e a qualidade do leite passaram a receber maior atenção, com controle intensivo tanto sobre o beneficiamento do leite como em relação à segurança alimentar, destacando-se a mastite como principal enfermidade desse ramo produtivo (LANGONI et al., 2006; CORREA et al., 2010).

A mastite é a inflamação da glândula mamária que determina alterações patológicas da mama, além daquelas físicas, químicas e microbiológicas do leite (LANGONI et al., 2006). Assim, como nos bovinos, é uma doença que gera prejuízos devido ao descarte do leite, diminuição ou incapacitação da função da mama, custos com medicamentos e assistência veterinária, aumento da mão-de-obra, redução da qualidade e quantidade do leite produzido e de seus subprodutos (DULIN et al., 1983; BARROS, LEITÃO, 1992).

No Brasil, a prevalência dessa enfermidade em caprinos tem oscilado entre 22 e 75% (PEIXOTO et al., 2010). A incidência não varia muito com a fase de lactação como reportado em bovinos leiteiros, porém é observado que em cabras a prevalência é maior no primeiro e no

último terço de lactação (EAST et al., 1987; SANCHEZ, CONTRERAS, CORRALES, 1999). O número de partos representa um fator de risco para mastite, sendo maior em animais com seis ou mais partos, o que gera recomendações de tratamento durante período seco para esse grupo de caprinos (SANCHEZ, CONTRERAS, CORRALES, 1999).

Há fatores predisponentes à mastite nos caprinos associados à rotina durante a ordenha, que engloba a higiene (não utilização de pré e pós dipping), o manejo (a exemplo de glândulas mamárias super ordenhadas) e o equipamento utilizados (descalibração das máquinas de ordenha) (DE CRÉMOUX, HEUCHEL, CHATELIN, 2001 apud BERGONIER et al., 2003). Há outros fatores que podem aumentar a susceptibilidade à mastite em pequenos ruminantes, tal como os fatores genéticos evidenciados em estudos de bovinos (RUPP, BOICHARD, 2003) e ovinos (RUPP et al., 2002).

A transmissão da mastite em pequenos ruminantes ocorre, em sua maioria, por via mamária, sendo o orifício do teto a porta de entrada do patógeno, apesar dos relatos não descreverem diferença de ocorrência entre os tipos de ordenha (manual ou mecânica) e também nos animais com filhote ao pé. Podem ocorrer casos de infecção sistêmica por via hematogena e são causados principalmente por lentiviroses, bruceloses e micoplasmoses (BERGONIER et al., 2003).

A mastite caprina com manifestações clínicas é pouco frequente, sendo possível a observação de sintomas gerais como a anorexia e apatia, e alterações no úbere como a assimetria das metades, aumento de temperatura local, sensibilidade à palpação e edema (forma aguda) ou mesmo endurecimento ou atrofia da glândula mamária (forma crônica). Ainda ocorrem mudanças no leite, com alterações do aspecto e características, presença de leite com grumos ou de pus. Uma outra apresentação clínica é a da mastite gangrenosa em que o úbere se apresenta com coloração azulada, com diminuição local de temperatura e secreção sem características de leite com aspecto serosanguinolento (ANDERSON et al. 2004; GYLES et al., 2004; MOTA, 2008; SMITH, SHERMAN, 2010). A ocorrência da mastite clínica é de 5% por ano, podendo haver surtos que geram importantes valores de mortalidade numa população, ou mesmo levam à casos crônicos da doença (BERGONIER et al., 2003; HAENLEIN, 2002).

Outra forma de apresentação da mastite é a inaparente, referida também na literatura como subclínica, que é a predominante em pequenos ruminantes, sendo responsável por grande impacto na produtividade dos rebanhos leiteiros (PHILPOT e NICKERSEN, 1991), pois pode reduzir em 5 a 20% a produção de leite (CREMOUX, MENARD, 1996), além de promover uma redução de 3 gramas de gordura/kilograma de leite por animal (BAUDRY et al., 1997). Estudos internacionais demonstraram uma ocorrência de 5 a 30% de casos de mastite subclínica

em pequenos ruminantes (BERGONIER, BERTHELOT, 2003; CONTRERAS et al., 2003). Os resultados de estudos sobre a incidência dessa forma de mastite devem ser considerados com cautela, pois comumente os números são determinados pelo valor de CCS, que pode estar alterado não só pela presença de infecção bacteriana, mas também por infecções virais (como a Artrite encefalite caprina – CAE) além de outros fatores não infecciosos (como período de lactação e presença de lactentes) (FAHR et al., 1999). A dificuldade na detecção da mastite subclínica pode ser responsável pela persistência dessa enfermidade numa população, pois a taxa de cura espontânea não é muito elevada (de 20 a 60%), levando à não eliminação do patógeno tanto na fase de lactação quanto no período seco, representando este último fato um importante gargalo na estratégia de controle de mastite de um rebanho caprino (LERONDELLE, POUTREL, 1984; POUTREL, CREMOUX, 1995; POUTREL et al., 1997; BERGONIER et al., 2003).

Os agentes etiológicos prevalentes na mastite clínica em pequenos ruminantes são os *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus coagulase negativo* (SCN), *Streptococcus uberis*, *Streptococcus agalactiae*, *Streptococcus suis*, enterobactérias, *Trueperella pyogenes*, *Corynebacteria*, *Pasteurellaceae* e *Pseudomonas* spp. (AMEH, TARI, 1999; WHITE, HINCKLEY, 1999; BERGONIER, BERTHELOT, 2003; BERGONIER et al., 2003). Nas mastites subclínicas em pequenos ruminantes há uma maior prevalência de SCN do que de *S. aureus*, sendo de 25 a 93% contra 3 a 37% respectivamente (BERGONIER et al., 2003). Muitos estudos em rebanhos caprinos de diversos países foram realizados para avaliar a frequência das espécies de *Staphylococcus* em mastite subclínica (Quadro 1), havendo uma distribuição semelhante entre eles. De modo geral destacam-se nessa espécie animal os SCN como os principais causadores de mastite subclínica (DA SILVA et al., 1996a; MOTA et al., 2000; MURICY, 2003), o que leva a esses enfermos representarem uma potencial fonte de infecção em um rebanho, pois segundo East et al. (1987) os SCN estão associados a infecções persistentes, o que possibilita a ocorrência de mastite durante toda a lactação e período seco (POUTREL et al., 1997).

Quadro 1 – Frequência das espécies de *Staphylococcus* em mastite subclínicas em pesquisas mundiais

Autores	País	SCN (%)	SCP (%)
Manser, 1986	Reino Unido	83,3	16,7
Vihan, 1989	Índia	77,1	22,9
Ryan, Greenwood, 1990	Austrália	93,0	7,0
Valle et al., 1991	Espanha	78,6	21,4
Deinhofer, Pernthaner, 1995	Áustria	82,4	17,6
Boscos et al., 1996	Grécia	76,8	23,2
Poutrel et al., 1996	França	97,3	2,7
Contreras et al., 1997	Espanha	92,2	7,8
White and Hinckley, 1999	EUA	77,7	22,3
Muricy, 2003	Brasil (RS)	82,8	17,2
Da Silva et al., 2004	Brasil (Nordeste)	60,0	37,0
Koop et al., 2012	Alemanha	88,9	11,1
McDougall et al., 2014	Nova Zelândia	93,8	6,2
Dogruer et al., 2016	Turquia	71,5	28,5

Fonte: Modificado de Contreras et al. (2003). SCN – *Staphylococcus* coagulase negativo, SCP – *Staphylococcus* coagulase positivo.

Dentre esses SCN os mais frequentemente isolados em caprinos são o *S. caprae* seguido do *S. epidermidis* que promove grande aumento da CCS no leite, ao contrário da *S. caprae* (CONTRERAS, PAAPE, MILLER, 1999; PENGOV, 2001; ALBENZIO et al., 2002; SANCHEZ et al., 2002; BERGONIER et al., 2003). Ainda na literatura mundial observa-se diferentes frequências sendo os principais encontrados: *S. epidermidis*, *S. xylosus*, *S. gallinarum*, *S. lentus* e *S. hominis* por Muricy (2003); *S. warneri*, *S. caprae*, *S. capitis subsp. ureolyticus*, *S. sciuri* e *S. simulans* por Da Silva et al. (2004); *S. caprae*, *S. epidermidis*, *S. simulans*, *S. xylosus*, *S. chromogenes* e *S. lugdunensis* por Koop et al. (2012); *S. simulans*, *S. haemolyticus*, *S. hyicus*, *S. caprae*, *S. epidermidis* e *S. saprophyticus* por Hristov et al. (2016); *S. capitis*, *S. haemolyticus*, *S. xylosis*, *S. simulans*, *S. caprae* e *S. epidermidis* por Doğruer et al. (2016).

Estudos no Brasil também revelaram como principais microrganismos isolados na mastite caprina os *Staphylococcus* spp. (MOTA et al. 2000; LANGONI et al. 2006; ALMEIDA, 2009), havendo também constatação de bactérias do gênero *Streptococcus*, *Corynebacterium*, *Pseudomonas*, *Mannheimia haemolytica*, *Escherichia coli*, *Micrococcus* spp, *Pasteurella* spp e algumas espécies de fungos, porém sendo estes últimos bem menos frequentes (BARCELLOS et al., 1987; DA SILVA et al., 1996a; MEIRELES et al., 1999; LANGONI et al., 2006; CONTRERAS et al. 2007).

2.2 DIAGNÓSTICO DE MASTITE

Os caprinos apresentam uma peculiaridade na composição do leite em comparação aos demais ruminantes domésticos, que decorre da secreção láctea mamária ser apócrina, o que leva a perda de partículas citoplasmáticas, isto é, há uma maior descamação do epitélio glandular no leite tanto em úberes infectados como em sadios (BERGONIER et al., 2003; GYLES et al., 2004). Devido a essas partículas possuírem, ocasionalmente, um fragmento de núcleo e apresentarem tamanho semelhante ao das células somáticas do leite, podem levar a um falso aumento na contagem total dessas células (WOODING, PEAKER, LINZELL, 1970; WOODING, MORGAN, CRAIG, 1977; PAAPE, CAPUCO, 1997). Além do que, é observado altas contagens de neutrófilos polimorfonucleares no leite de cabras com glândula mamária sadia, principalmente no final da lactação, período no qual essas células compõem 74-80% do total de células do leite, sendo que há concomitantemente diminuição de mononucleares. Esse aumento é diferente do ocorrido em animais com mastite no mesmo período, provavelmente devido a ação dos neutrófilos como reguladores fisiológicos do processo de involução da mama (MANLONGAT et al, 1998; PAAPE et al., 2001). Essas células também são encontradas em grandes quantidades no início da lactação, comparada ao leite de vacas, contribuindo para um alto CCS (PAAPE, CAPUCO, 1997).

As peculiaridades das características da secreção láctea a espécie fazem com que os resultados de alguns métodos diagnóstico devam ser interpretados com cautela. Mas de modo geral, o diagnóstico da mastite é realizado com o exame físico e análise do leite utilizando-se métodos diretos e indiretos. Os exames diretos baseiam-se na identificação do agente etiológico, mediante a demonstração da presença de microrganismos nas amostras de leite. Os testes indiretos fundamentam-se em vários critérios de avaliação da intensidade da reação inflamatória, sendo os principais o “California Mastitis Test” (CMT) e a Contagem de Células Somáticas (CCS).

Além destes métodos de exame do leite, há outras ferramentas como a análise da composição do leite, que se baseia na medição dos íons por meio da condutividade elétrica, e a mensuração de outros componentes como lactose, proteínas séricas e enzimas específicas indicadoras de lesão do tecido mamário (MOTA, 2008; SMITH, SHERMAN, 2010). Entretanto sabe-se que a composição do leite nos caprinos apresenta grande variação por influências genética, alimentar e ambiental (VILANOVA et al., 2008).

Um método amplamente utilizado no diagnóstico da mastite inaparente em bovinos é o CMT, que mede indiretamente a concentração de leucócitos no leite e o pH. Entre suas

vantagens citam-se a rapidez e fácil realização, podendo ser utilizado a campo (DA SILVA et al., 1996b). Porém, a exatidão do CMT é duvidosa na espécie caprina devido as peculiaridades em relação às células epiteliais e os leucócitos, que reagem ao teste exigindo uma interpretação diferente daquela utilizada para bovinos (BARCELLOS et al., 1987). Devido a esse motivo alguns autores referem necessidade de cautela na interpretação do CMT, a exemplo de Perrin et al. (1997) que recomendam maior atenção na avaliação de cabras de baixa produção de leite e em final da lactação. De modo geral, os resultados de diversas pesquisas realizadas discordam entre si na determinação do escore de CMT definido como padrão de triagem da mastite caprina. Segundo Lima Jr e Vianni (1995) e Ribeiro, Megid e Meira (1999) assinala-se o CMT escore 1+ como aquele de maior concordância com o isolamento bacteriano, ao contrário de Santos, Castro e Costa (1995) que afirmam ser o CMT escore 2+. De acordo com Tonin e Nader Filho (2005) o CMT com escore “traços” é importante na triagem de mastites inaparentes em cabras, sugerindo que a alta especificidade do teste, leva a maior eficiência na detecção de glândulas mamárias negativas à inflamação do que positivas à mastite. Outras pesquisas recomendam não utilizar o CMT isoladamente para detecção de mastite em caprinos e associar esse exame ao cultivo bacteriológico (FOX, HANCOCK, HORNER, 1992).

A CCS é uma ferramenta diagnóstica consagrada no monitoramento da sanidade da glândula mamária em rebanhos leiteiros bovinos, além de apresentar baixo custo e rapidez na obtenção dos resultados. A maioria dos laboratórios utiliza o método do contador fluoro-óptico-eletrônico para CCS, mas pode ser utilizado a contagem microscópica em esfregaços de leite corados com Azul de Metileno, que apesar de recomendado pela IDF (1995), superestima o CCS pelas partículas citoplasmáticas do leite (PAAPE et al., 2001). Há outro método alternativo para CCS, que é o da Pirorina-Y verde de metila que parecem ser mais específicos (HAENLEIN, 2002). Porém, como citado anteriormente, o leite de cabra tem um maior valor na CCS do que o leite de origem bovina. A CCS pode sofrer variações não só pela presença de infecções mamárias, mas também pela evolução da idade (KALOGRIDOU-VASSILLIADOU, MANOLKIDIS, TSIGOIDA, 1992), fase de lactação (ROTA et al., 1993), volume de produção leiteira (ZENG, ESCOBAR, 1995), virulência do agente (BERGONIER, BERTHELOT, 2003), infecção por vírus da artrite encefalite caprina (RYAN et al., 1993) e outros fatores não infecciosos que representam até 90% das variações do CCS (WILSON, STEWART, SEARS, 1995). Afirma-se também que momentos de estresse, a exemplo da vacinação, abruptas mudanças na dieta e tratamentos, podem aumentar a CCS (LERONDELLE, RICHARD, ISSARTIAL, 1992). Haenlein (2002) determinou, em cabras sadias, um intervalo de variação da CCS por regressão linear, variando de 556000 cels/mL (em 90 dias de lactação) a

$1,2 \times 10^6$ cels/mL (em 305 dias de lactação). Em uma revisão das pesquisas em caprinos (KOOP et al., 2011) sobre a sensibilidade e especificidade do teste de CCS na detecção de todos os patógenos do leite, observaram que ao utilizar um ponto de corte para CCS de 500×10^3 cel/mL há uma sensibilidade que varia de 69-82% e especificidade de 51-76%, enquanto ao se aumentar esse valor de corte para 1000×10^3 cel/mL de leite, há uma sensibilidade de 42-63% e especificidade de 71-95%. No diagnóstico de *S. aureus* a CCS é importante para avaliar a presença de casos suspeito em um rebanho, sendo necessário um teste confirmatório posterior devido a presença de falsos positivos (KOOP et al., 2011).

A avaliação microbiológica individual de amostras de leite é considerada o teste “padrão ouro” para o diagnóstico das mastites em caprinos, pela sua alta sensibilidade (96%). É caracterizado por ser o melhor teste para avaliação de infecção intramamária, mas pode apresentar algumas falhas (TORRES et al., 2009; ERSKINE, EBERHART, 1988; SANFORD et al., 2006). A presença de microrganismos nas infecções intramamárias podem ter flutuações dinâmicas devido a eliminações intermitentes (SEARS et al., 1990) ou mesmo em eliminação de um baixo volume amostral (BUELOW et al., 1996; LAM et al., 1996). Podem ocorrer também oscilações de acordo com as variações na produção de leite, sendo inversamente proporcional às quantidades de neutrófilos existentes na secreção, pois estes são responsáveis por combater os patógenos presentes no leite (WINTER, COLDITZ, 2002; RAINARD, 2003). O isolamento de microrganismo em uma amostra de leite não indica necessariamente a presença da inflamação mamária devido a alguns agentes serem identificados tanto em infecções intramamárias crônicas e subclínicas, como em infecções cutâneas no teto, no canal do teto ou mesmo em contaminações (KOOP et al., 2011), pois os mesmos agentes causadores de infecções intramamária também são encontrados no ambiente, na pele humana e em outras fontes (BURRIEL, 1998; BERGONIER et al., 2003). Além disso pode apresentar limitações quando necessária a avaliação de um grande número de amostras, principalmente quando se faz acompanhamento de rebanhos e se necessitam reavaliá-las (BRITO et al., 1998), por não se tratar de um método de resultado imediato e pouco prático em comparação ao CMT e CCS.

A metodologia empregada para avaliar a saúde da glândula mamária de cabras deve ser adaptada de acordo com o seu objetivo, que pode ser para detecção de animais doentes, para tratamento no período seco ou para o descarte de animais (McDOUGALL, VOERMANS, 2002). De modo geral, as estratégias de controle de mastite em cabras devem basear-se na utilização de mais de um método de detecção da mastite, devido à dificuldade de escolher um único critério. Se a cultura bacteriológica for utilizada como teste de referência, a interpretação do resultado do teste de CCS pode ser tendenciosa (KOOP et al., 2011). Entretanto, atualmente

o método mais utilizado para programas de controle é a CCS (BERGONIER et al., 2003), devido a sua maior praticidade.

Diante das explicações sobre algumas dificuldades no diagnóstico de infecções intramamárias, reforça-se a necessidade da melhora na exatidão dos testes existentes ou a busca de um diagnóstico eficiente e auxiliar aos demais, que permita a identificação rápida e em larga escala.

2.3 TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA

A termografia infravermelha (TIV) é uma técnica que detecta a energia térmica emitida pela superfície de um objeto, por radiação infravermelha, utilizando uma câmera radiométrica. Trata-se de um método não invasivo, que permite visualizar diferentes níveis de distribuição de temperatura, sem contato com a superfície de um objeto (ITEAG, 2010). A vantagem da aferição a distância permite a diminuição da interferência no comportamento do elemento analisado. Além disso, é possível a avaliação de objetos móveis, com grande superfície ou de vários objetos de forma simultânea, gerando resultados rápidos. A técnica possui precisão e repetibilidade elevadas, além da confiabilidade nas medições (EPRI, 1999; SPECMAN, 2010;).

As desvantagens consistem na presença de alguns fatores que interferem sobre a radiação infravermelha, como a emissividade e influências atmosféricas, que caso não mensurados podem levar a uma calibração deficiente, e consequentemente a valores não fidedignos que geram erros na interpretação dos resultados.

A TIV é aplicável em uma vasta possibilidade de situações em que a informação sobre o padrão térmico de uma superfície seja significativo para fornecer dados dessa estrutura ou sistema (SPECMAN, 2010). É uma ferramenta de aplicação na manutenção preventiva e preditiva, e na garantia de qualidade, em situações em que a oscilação da temperatura é uma variável crítica (OLIVEIRA, 2012).

2.3.1 Fundamentos da radiação infravermelha

O calor é a energia térmica em transição e dinâmica, que se transfere até que dois pontos atinjam um equilíbrio térmico (EPRI, 1999). A transferência de calor pode ser quantificada pelo fluxo térmico, isto é, pela taxa de energia térmica transferida através de uma superfície (INCROPERA et al., 2006). Há três modos de transferência de calor: condução, convecção e radiação. Nos casos da condução e da convecção, a transferência de energia se dá apenas com

a presença de um meio material, e na radiação, essa transferência ocorre por ondas eletromagnéticas em um espaço vazio (ARPACI, SELAMET, KAO, 2000; INCROPERA et al., 2006). Esse último modo é o único detectado pelos equipamentos de infravermelho (SPECMAN, 2010; OLIVEIRA, 2012).

A radiação térmica é a energia emitida de um dado material, considerando-se que toda matéria emite energia por radiação, desde que sua temperatura esteja acima do zero absoluto (ITEAG, 2010; INCROPERA et al., 2006). Gustav Kirchhoff, em 1860, foi o mentor da lei que demonstrava que um corpo tem igualmente a capacidade de absorver e de emitir energia radiante.

Existem três leis da radiação: 1) Lei de Stephan-Boltzmann, que relaciona a temperatura com a energia, isto é, define que há proporcionalidade entre o calor transferido por radiação e a temperatura; 2) Lei de Planck, que relaciona a energia com o comprimento de onda, sendo que em qualquer comprimento de onda, a radiação emitida aumenta com o aumento da temperatura e, 3) Lei do deslocamento de Wien, a qual relaciona a temperatura com o comprimento de onda, destacando que em máxima emissão de energia, no decorrer do aumento da temperatura, há diminuição do comprimento de onda (INCROPERA et al., 2006; SPECMAN, 2010). Tais leis fundamentam-se em corpos negros que, no conceito teórico, é um corpo capaz de absorver e emitir toda a radiação que sobre ele incide, independente do comprimento de onda e direção da radiação (INCROPERA et al., 2006; OLIVEIRA, 2012).

Entretanto, quando se avalia as leis da radiação em corpos reais, há a necessidade de correções. Deve-se considerar que a radiação pode ter uma fração absorvida, refletida ou transmitida. A absorção espectral (α) é a razão da radiância absorvida pelo objeto sobre a radiância total. A reflexão espectral (ρ) é a razão da radiância refletida pelo objeto sobre a radiância total, sendo dependente das propriedades da superfície e do tipo do material do objeto. A transmissão espectral (τ) é a razão da radiância transmitida pelo objeto sobre a radiância total, dependendo do tipo e espessura do material, não estando presente na maioria dos materiais (BARREIRA, 2004).

A emissividade (ϵ) é a capacidade de um objeto radiar energia infravermelha em comparação a um corpo negro em semelhante temperatura e comprimento de onda (SPECMAN, 2010). É dependente das propriedades do material, como a superfície e, às vezes, como a própria temperatura. Um exemplo são os metais com superfície brilhante que têm baixa emissividade de acordo com a temperatura; por sua vez os materiais não metálicos, como as substâncias orgânicas, possuem alta emissividade que independem da temperatura (OLIVEIRA, 2012). O corpo negro é um emissor perfeito, com $\epsilon=1$ (EPRI, 1999).

O equipamento termográfico mensura a radiação (emissão, reflexão e transmissão de ondas longas da radiação infravermelha) emitidas através de um objeto. Além disso, mede também a radiação do ambiente refletida pela superfície do objeto, além daquela da atmosfera, presente no meio da transmissão (OLIVEIRA, 2012).

2.3.2 Limitações da termografia infravermelha

Os ensaios termográficos devem ser realizados com cautela tendo em vista que podem ocorrer erros de medição em várias fases da análise classificados como erros de método, de calibração e eletrônicos (BARREIRA, 2004; MINKINA, DUDZIK, 2009). Esses erros são gerados por fatores que interferem na transferência do calor por radiação. Alguns desses erros de medição já foram anteriormente citados, como a emissividade do objeto e as influências atmosféricas, assim como a distância entre o objeto e o equipamento termográfico (MINKINA, DUDZIK, 2009).

A emissividade é um fator que varia com a temperatura, geometria e condição da superfície do objeto. De forma geral, a emissividade de muitos materiais é conhecida e apresentada por meio de catálogos que facilitam a realização de mensurações termográficas, constando nestes, informações como condição do material, temperatura, espectro eletromagnético e emissividade (HOLST, 2000; BARREIRA, 2004). A pele humana emite energia de forma muito eficiente, apresentando um alto valor de emissividade (SPECMAN, 2010; OLIVEIRA, 2012).

A influência atmosférica ocorre pela presença de diversos componentes na atmosfera que atenuam o sinal infravermelho emitido do objeto até atingirem o equipamento termográfica (SPECMAN, 2010). Os fatores incluídos nessa influência são a transmissão atmosférica, o vento, a chuva e a radiação emitida pelo sol (CRAVEIRO, 2008).

A transmissão atmosférica varia conforme a temperatura ambiente, a umidade e as partículas suspensas no ar. Esses fatores interferem na radiação emitida dos objetos pelos seguintes fenômenos: absorção, dispersão, emissão (representa a radiação emitida pela própria atmosfera, que na prática é considerada desprezível) e turbulência (caracterizada por movimentos irregulares do ar, considerada insignificante quando a distância entre a superfície e o equipamento não é muito grande) (HOLST, 2000; CRAVEIRO, 2008). A temperatura ambiente é importante principalmente em condições extremas, sendo responsável por falhas na detecção de alterações térmicas (CRAVEIRO, 2008). O vapor de água na atmosfera, definido pela umidade, apresenta grandes variações pela dependência da altitude, estação do ano,

localização geográfica, hora do dia e condições meteorológicas. Ambientes com alta umidade apresentam maior dissipação do calor produzido por um objeto, o que reduz a temperatura aferida (HOLST, 2000).

A radiação solar tem influência conhecida, porém difícil de avaliar, visto que pode haver objetos ao redor daquele alvo de mensuração com diferentes emissividades (MINKINA, DUDZIK, 2009). Por sua vez, o vento gera resfriamento forçado do objeto, e consequentemente diminui a temperatura superficial. Porém há estudos que avaliaram essa redução da temperatura em função da velocidade do vento, e criaram fatores de correção para determinar a temperatura real do objeto em estudo (HOLST, 2000; SPECMAN, 2010).

O ângulo entre a superfície avaliada e o equipamento de mensuração também influencia na emissividade, sendo que a obtenção de medidas exatas se dá com ângulo de incidência menores que 30° (HOLST, 2000; CRAVEIRO, 2008).

A fim de minimizar erros na interpretação dos resultados, preconiza-se a eliminação dos fatores que interferem na exatidão das aferições de temperatura pelos equipamentos termográficos. Na impossibilidade dessa eliminação, deve-se controlar e mensurar tais fatores para que possam ser corrigidos posteriormente (BARREIRA, 2004; SPECMAN, 2010).

2.3.3 Tecnologia infravermelha e suas aplicações

Os instrumentos de mensuração infravermelha são radiômetros, que detectam essa radiação emitida da superfície dos objetos e as convertem em um valor de temperatura (SPECMAN, 2010; OLIVEIRA, 2012). Atualmente estão disponíveis no mercado equipamentos com alta precisão, sendo a interpretação dos termogramas um dos pontos cruciais para a correta interpretação dos resultados (BARREIRA, 2004).

Os ensaios termográficos podem ser analisados de duas formas: 1) Forma qualitativa em que são apenas realizadas as observações de áreas em busca de alterações a partir de um termograma de referência e, 2) Forma quantitativa na qual são obtidos os termogramas para posterior avaliação, realizadas com uso de softwares de análise que mensuram as temperaturas superficiais considerando outras informações colhidas durante o ensaio termográfico (BARREIRA, 2004).

A tecnologia infravermelha foi inicialmente utilizada para fins militares e posteriormente expandiu-se seu uso na indústria, em sistemas elétricos, mecânicos e de fluidos e vapor, na observação de perdas de energia; na aeronáutica, em sistemas de vigilância e segurança, e na ciência. Nesta última opção tem aumentado significativamente sua aplicação

em diversas áreas como na medicina, arqueologia, geologia, meteorologia e oceanografia (OLIVEIRA, 2010).

Na medicina, a TIV é uma ferramenta auxiliar na detecção de alterações da temperatura corpórea, baseando-se na perda da uniformidade da temperatura superficial, local ou generalizada, em casos de mudanças fisiológicas e aquelas geradas por algumas enfermidades. Em humanos, é crescente o uso desta em programas de investigação médica, sendo as principais aplicações no ramo da oncologia, das doenças vasculares, das doenças neuromusculares, na viabilidade tissular e nos procedimentos cirúrgicos. Recentemente a tecnologia foi aplicada durante a pandemia do vírus da gripe, em aeroportos, onde houve um aumento nos níveis de alerta para detecção de indivíduos enfermos.

Na medicina veterinária, a TIV é utilizada com frequência em animais de vida selvagem ou notívagas, e em espécies de grande porte, nas quais a avaliação sem o contato é crucial para o diagnóstico em populações (BARREIRA, 2004). Do mesmo modo que em humanos, a avaliação termográfica dos animais é realizada em busca de mudanças na temperatura superficial, por alterações no fluxo sanguíneo em determinadas regiões corpóreas (OLIVEIRA, 2012).

Nos animais de produção a termografia infravermelha se destaca como uma tecnologia que permite o monitoramento da temperatura sem a necessidade de contato com o animal e com a superfície investigada (SPEAKMEN, WARD, 1998), o que permite evitar alterações nos resultados pelo estresse causado pela contenção durante a execução de alguns métodos convencionais de diagnóstico das enfermidades, como os exames laboratoriais que dependem de coleta de material biológico e mensuração da temperatura corpórea por via retal (MAZIEIRO et al., 2012). Além disso essa tecnologia permite a observação de rebanhos numerosos e avaliação mais segura de animais indóceis. É um recurso diagnóstico potencial, não invasivo, prático, rápido e eficiente, que fornece ao médico veterinário informações sobre o estado físico dos animais, permitindo a aplicação em diversos segmentos do sistema de produção animal: bem-estar, reprodução, nutrição e clínica (McMANUS et al., 2016). Nesta última área, a TIV permite a identificação de diversas enfermidades, de processos inflamatórios e da dor (HURNIK et al. 1984; SCHAEFER et al. 2000; McMANUS et al., 2016).

A termografia médica se baseia no princípio de que a temperatura da superfície da pele reflete a perfusão circulatória sanguínea subcutânea e o metabolismo local (BERRY et al., 2003). O equipamento consegue mensurar pequenas variações na temperatura superficial, decorrentes das mudanças no fluxo sanguíneo em resposta a condições fisiológicas ou do ambiente (KNÍZKOVÁ et al., 2007; McMANUS et al., 2016; NÄÄS, GARCIA, CALDARA,

2014; ROBERTO et al., 2014). Processos inflamatórios nos tecidos levam à vasodilatação e consequentemente ao aumento da temperatura. Enquanto em casos de edemas, processos dolorosos e trombose há uma diminuição de temperatura no local e um aumento de temperatura em região adjacente decorrente, provavelmente, da geração de um desvio na circulação periférica (CRIVELLARO, JÚNIOR, 2007 apud McMANUS et al., 2016).

Há diversos estudos que verificaram a utilização da TIV no diagnóstico de algumas enfermidades dos animais. Os primeiros trabalhos demonstraram aumento na temperatura superficial corpórea que permitia a identificação de inflamação ou lesões locais (PUROHIT et al., 1977 apud HURNIK et al., 1984). Hurnik et al. (1984) observaram um aumento na temperatura superficial da região traseira de vacas, em torno de três dias antes da detecção das alterações clínicas. Nas últimas décadas, foi intensificada a pesquisa sobre o uso da termografia infravermelha nos animais de produção, e expandindo para diversas aplicações: na observação da laminite em vacas leiteiras (NIKKHAH et al., 2005; ALSAOD et al., 2014;) e equinos (EDDY, VAN HOOGMOED, SNYDER, 2001); no diagnóstico de algumas doenças infecciosas como a Diarreia Viral Bovina (SCHAEFER et al., 2004), a Febre aftosa (RAINWATER-LOVETT et al., 2009) e o complexo da Doença Respiratória Bovina (SCHAEFER et al., 2007; SCHAEFER et al., 2012), assim como no diagnóstico de mastite, o que será descrito mais adiante em detalhes.

2.3.4 Termografia infravermelha na glândula mamária

Nos animais de aptidão leiteira, realizaram a avaliação da termografia infravermelha (TIV) em diferentes aplicações, como na interferência do processo de ordenha sobre os tetos, a exemplo da variação do vácuo das máquinas e dos tipos de ordenha (KUNC et al., 2007).

Diversos ensaios termográficos foram realizados na detecção da inflamação na glândula mamária em bovinos leiteiros. Berry et al. (2003) observaram consistentes variações na temperatura superficial do úbere (TSU) ao longo do dia, o que permitiu confirmar que a TIV era uma possibilidade diagnóstica para mastite em vacas Holandesas. Em experimento com indução de mastite em bovinos por infusão de endotoxina de *Escherichia coli* diluída, a câmera térmica detectou precocemente a inflamação, com uma variação de 1° a 1,5°C na TSU, associado ao concomitante aumento da temperatura retal (HOVINEN et al., 2008). Em ensaios clínicos semelhantes com inoculação intramamária de *Escherichia coli* no úbere de vacas leiteiras, Pezeshki et al. (2011) observaram um aumento de 2° a 3°C na TSU em animais com mastite clínica, enquanto Metzner et al. (2014) registraram diferença de 2,06°C entre os grupos

controle e inoculado. Scott et al. (2000) verificaram que a TIV detectou também um aumento de temperatura de toda a área do quarto mamário devido ao edema decorrente de mastite clínica induzida em vacas por infusão de endotoxina.

Em outras pesquisas realizadas em bovinos leiteiros revelou-se a utilidade da TIV na detecção precoce de mastite inaparente. Barth (2000) observou valores maiores de TSU dos quartos mamários com CCS maior que 100,000 cels/mL em comparação àqueles com CCS menor que 100,000 cels/mL, verificando temperaturas de 34,1°C e de 33,6°C respectivamente. Polat et al. (2010) verificaram que quartos com mastite subclínica, diagnosticados por CCS maior ou igual a 400,000 cels/mL, apresentavam 2,35°C de TSU a mais que os quartos saudáveis, sendo que a técnica termográfica apresentou semelhante sensibilidade e especificidade em comparação ao CMT. Colak et al. (2008) obtiveram uma variação da TSU em resposta à intensidade dos resultados do CMT. Sathiyabarathi et al. (2016), utilizando CCS, CMT e condutividade elétrica como métodos de diagnóstico de mastite, encontraram diferenças de 0,72° e 1,5°C na TSU dos animais com mastite clínica e subclínica respectivamente em comparação ao controle, e estabeleceram um valor de corte para identificação de mastite em 37,61°C.

Em contraposição aos resultados promissores da TIV, Bortolami et al. (2015) demonstraram que a utilização da termografia não foi capaz de distinguir animais negativos de positivos para mastite subclínica, os quais foram diagnosticados pela cultura microbiológica. Os autores justificaram tais resultados considerando que há uma variedade de agentes etiológicos que causam alterações inflamatórias em porções de profundidade variável na glândula mamária, não determinando um esperado aumento da TSU. Além disso, relataram que o aumento da CCS nem sempre é causado por uma infecção bacteriana, como também afirmou Hillerton (1999).

Há outros estudos que utilizaram a TIV no diagnóstico de mastite em outras espécies ruminantes. Martins et al. (2013) confirmaram a possibilidade do uso do equipamento termográfico na identificação de ovinos leiteiros com mastite subclínica. Em contrapartida, Castro-Costa et al. (2014) não verificaram diferenças na TSU de ovelhas com mastite (clínica e subclínica) em comparação àquelas de ovelhas saudáveis, afirmando existirem diferenças em relação à raça, ao momento da realização da imagem termográfica (antes ou após a ordenha), e o período do dia em que se realizou a ordenha (matutino ou vespertino). Em uma pesquisa realizada em camelas, encontrou-se alta confiabilidade na utilização da câmera termográfica para diagnóstico de mastite subclínica, em comparação aos testes de CMT e CCS (SAMARA, AYADI, ALJUMAAH, 2014).

Há fatores que podem interferir nas mensurações termográficas da glândula mamária, a exemplo dos fatores climáticos e da presença de sujidades ou umidade na superfície a ser avaliada, que são frequentes nas condições de campo, mas que podem ser controlados e/ou devem ser mensuradas para posterior correção dos resultados obtidos (KUNC et al., 2007). A variação circadiana é outro importante fator de interferência na TSU a ser considerado para a validação do TIV, pois há registro de uma variação diária da temperatura do úbere de vacas, além do aumento da temperatura observado após o exercício (BERRY et al., 2003).

Diante do verificado por Araki et al. (1984) que determinaram alterações na temperatura corpórea em bovinos em período seco, no início e final de lactação, mostra-se necessário mais informações sobre as variações fisiológicas da temperatura do úbere durante as fases de lactação (BERRY et al., 2003). Além disso, são necessárias investigações a respeito da influência de outras características de produção (número de parições e produção leiteira) e de características físicas da glândula mamária a fim de determinar a confiabilidade do uso da TIV para a obtenção da TSU (COLAK et al., 2008; POLAT et al., 2010).

Apesar dos notáveis avanços na utilização da TIV como método de diagnóstico de mastite em bovinos, não foi encontrada na literatura consultada, pesquisas sobre a viabilidade do uso dessa técnica em cabras leiteiras, nas quais é reconhecida a necessidade de um método diagnóstico mais fidedigno e prático para detecção de inflamação da glândula mamária em caprinos. Frente às considerações, ressalta-se a necessidade de se padronizar o uso da termografia infravermelha na mensuração da temperatura superficial do úbere e assim validá-la como potencial ferramenta que auxilie no diagnóstico da mastite caprina, o que poderia permitir maior sucesso no tratamento e melhoria na produção leiteira caprina.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O projeto de pesquisa foi conduzido inicialmente da mesma forma quanto aos critérios de inclusão das propriedades e dos animais, a coleta e processamento dos termogramas, coleta de amostras de leite e a forma de avaliação das variáveis explanatórias. Posteriormente o estudo foi dividido em dois experimentos denominados de “padronização da termografia infravermelha (TIV)” e “caso x controle”, os quais diferiram quanto a formação dos grupos experimentais e a estratégia de análise estatística dos dados.

3.1 REBANHO E ANIMAIS

As propriedades de caprinos leiteiros foram selecionadas por conveniência, na qual se optou por aquelas com localização próxima a cidade de São Paulo, a fim de garantir qualidade para a coleta e adequado armazenamento e processamento das amostras. Os critérios para escolha das propriedades foram a presença de um local de ordenha com cobertura (protegido da incidência solar e eventual precipitação) que propiciasse condições ambientais com maior estabilidade de temperatura e umidade durante a aquisição das imagens termográficas. Além disso, optou-se por capris que possuísem informações referentes a produção, reprodução e sanidade de cada animal e que assim permitisse a obtenção de dados posteriormente utilizados na pesquisa.

Foram selecionados para participar do estudo, rebanhos de caprinos leiteiros formados principalmente por animais das raças Saanen, fêmeas, de diversas faixas etárias e em diferentes fases de lactação, sendo consideradas essas como: inicial (8 a 100 dias), média (101 a 200 dias) e final (201 a 300 dias).

Realizou-se a avaliação dos animais iniciando-a com o preenchimento de uma ficha individual na qual constavam as características produtivas do animal (dias em lactação, número de partos, média de produção leiteira), seguidos pelos resultados do exame clínico e específico da região mamária incluindo-se as características do leite (modificado de BIRGEL, 2014) e a descrição fenotípica do úbere (Apêndice A). Os resultados dessas descrições do úbere ocorreram após o consenso de dois avaliadores (médicos veterinários) que observaram criteriosamente essas características em cada animal.

Os critérios de inclusão das cabras no estudo foram os seguintes: animais da raça Saanen, serem lactantes entre 8 a 300 dias de lactação (excetuado o período colostrar); apresentarem eutermia (hipertermia sistêmica identificada por temperatura retal acima de 39,5°C e hipotermia caracterizada por temperatura retal abaixo de 37,0°C); não apresentarem enfermidade sistêmica no momento da coleta; não apresentarem lesão na superfície da pele do úbere e tetos; não terem recebido antibióticos (por via sistêmica ou intramamária) nos últimos 21 dias, ou anti-inflamatório nos últimos 10 dias e/ou outra substância que pudesse interferir na temperatura superficial do úbere.

3.2 IMAGEM TERMOGRÁFICA

Previamente à captura das imagens, as cabras eram alocadas em recinto coberto (sala de espera ou de ordenha). Não foi necessário a limpeza do úbere para a retirada de sujidades, pois a maioria das cabras apresentavam a região do úbere limpas e secas. Os animais permaneciam em repouso, em estação, por um período mínimo de 10 minutos, que foi o tempo estimado para que houvesse a normalização da temperatura superficial do úbere e que diminuísse qualquer interferência de possível contato externo na região.

Utilizou-se uma câmera termográfica da FLIR SYSTEM AB (Suécia), Modelo T620 25°, com resolução de 640x480pixels e precisão de $\pm 2^{\circ}\text{C}$. Realizou-se um registro termográfico posicionando-se o equipamento a uma distância aproximada de 1,0 (um) metro do animal, medida por fita métrica e fixada por uso de um tripé à câmera (Figura 1). Os termogramas foram configurados pela paleta de cores “Rainbow HC” e utilizada a emissividade de 0,98 (referência estabelecida para avaliação da pele humana, segundo JONES e PLASSMANN (2002)).

Estipulou-se que a avaliação termográfica dos animais fosse realizada na primeira ordenha do dia, com início no período da manhã em torno de sete horas da manhã (7:00), com variação de 30 minuto entre as propriedades. Preconizou-se a coleta dos termogramas nesse período a fim de evitar possíveis interferência pela variação circadiana, como descrito em vacas leiteiras por Berry et al. (2003).

Utilizou-se um termohigrômetro (Incoterm® modelo TTH100) para a obtenção das informações sobre as variações ambientais locais do recinto, isto é, a temperatura ambiente (TA) e umidade relativa (UR). Esses dados foram mensurados no momento de realização das imagens termográficas e posteriormente introduzidos no software de análise das imagens, para a correção automática das temperaturas superficiais, a partir de uma equação já estabelecida pelo sistema da câmera termográfica. Além disso, optou-se pela coleta nas propriedades em meses entre de outubro e dezembro de 2017, para reduzir uma possível interferência sazonal.

Estabeleceu-se a vista caudocranial do úbere para obtenção das fotografias com a câmera termográfica (Figura 1), sendo coletado um termograma de cada animal. Todas as imagens termográficas foram obtidas antes da realização do pré-dipping, da ordenha, ou de qualquer outro procedimento que necessitasse de manipulação da glândula mamária, a fim de evitar a interferência do contato com o úbere ou pelo estresse do animal.

Figura 1- Realização e esquematização da vista caudocranial (A) para obtenção dos termogramas. Exemplificação do termograma e da respectiva fotografia da vista caudocranial (B)

Fonte: (SEINO, C.H., 2019).

Legenda: CT – câmera termográfica.

A temperatura superficial do úbere (TSU) foi obtida com utilização do software da câmera termográfica (FLIR tools®, version 5.2) e a unidade de medida de temperatura utilizada foi graus Celsius (°C). Foram propostas cinco formas de abordagem termográfica, que utilizavam diferentes figuras geométricas de análise (FGA) que delimitavam a região do úbere avaliada sem a inclusão dos tetos (Figura 2). A FGA “linha” seguiu uma das formas propostas por Metzner et al. (2014), e se avaliou o úbere tracejando uma linha vertical no meio de cada metade mamária desde a região mais distal (logo acima da base dos tetos) até a mais proximal (próxima a inserção caudal do úbere). A FGA “círculo” seguiu os estudos de Hovinen et al. (2008) e Pezeshki et al. (2011), na qual foram traçadas três figuras circulares (30x30pixels) no meio quanto a largura de cada metade mamária, sendo diferenciados quanto a altura nas seguintes denominações: “círculo base” em região logo acima da base do teto; “círculo meio” em região de altura média da metade mamária; “círculo ápice” em região proximal do úbere (próxima a inserção caudal do úbere). A FGA “elipse” se baseou nos estudos de Berry et al. (2003) e Metzner et al. (2014), e propôs-se uma elipse em cada metade mamária, traçada para delimitar a maior área da superfície mamária, evitando-se os bordos próximos aos membros pélvicos. A partir de cada FGA proposta obteve-se duas medidas de temperatura, sendo essas a temperatura máxima (Tmax) e a temperatura média (Tmed) de cada área delimitada.

Figura 2 - Propostas de análise dos termogramas em vista caudocranial: A) Termograma com as figuras geométricas de análise realizadas no software da câmera termográfica. B) Termograma com o esquema das figuras geométricas de análise de cada proposta: “linha” (linha pontilhada), “círculo base” (área acinzentada 1), “círculo meio” (área acinzentada 2), “círculo ápice” (área acinzentada 3), “elipse” (linha tracejada)

Fonte: (SEINO, C.H., 2019).

Legenda: Seta vermelha - local da temperatura máxima da área delimitada.

3.3 COLETA DE AMOSTRAS DE LEITE

Previamente à ordenha, a partir da avaliação dos primeiros jatos de leite, foram selecionados os animais para a avaliação microbiológica, na qual foram excluídos do estudo os animais que apresentaram leite com grumos ou com perda das características normais.

As amostras de leite para o exame microbiológico foram obtidas de cada metade mamária, em frasco estéril (tipo Falcon® de 15mL), seguindo as recomendações de coleta asséptica de leite do National Mastitis Council (NMC, 2004). A amostragem do leite foi realizada com base em estudos realizados por Dohoo et al. (2011) os quais determinaram a coleta de amostras de leite em duplicata de cada metade mamária. Todas as amostras foram congeladas à aproximadamente -4°C, para posterior avaliação laboratorial.

Posteriormente foi realizada a coleta de amostras de leite para a contagem de célula somática (CCS). Uma amostra foi obtida de cada metade mamária, em frascos específicos oferecidos pelo serviço da Clínica do Leite (ESALQ/USP), sendo processadas, armazenadas e enviadas para a análise, de acordo com as recomendações do mesmo serviço.

3.4 AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA

As culturas microbiológicas foram realizadas no Laboratório de Microbiologia do Departamento de Clínica Médica da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo, campus São Paulo. As amostras de leite foram cultivadas seguindo as recomendações do National Mastitis Council (NMC, 1999), e sua interpretação de acordo com Dohoo et al. (2011). Resumidamente, 10 µL de leite eram inoculados em placas de ágar sangue e incubadas por 48 horas à 37 °C. Uma amostra foi considerada como sendo de infecção intramamária quando pelo menos uma colônia característica fosse isolada na placa. Amostras foram consideradas contaminadas se houvesse crescimento de três ou mais espécies bacterianas. Amostras foram consideradas negativas se não houvesse crescimento bacteriano.

A caracterização do patógeno foi realizada por coloração de Gram e posteriormente por testes bioquímicos complementares, com utilização de equipamento da bioMérieux S.A. (modelo Vitek® 2 Compact), seguindo as recomendações do fabricante do kit de análise microbiológica (Figura 3).

Figura 3 – Fotografia do kit comercial utilizado na realização do teste bioquímico

Fonte: (SEINO, C.H., 2019).

3.5. VARIÁVEIS EXPLANATÓRIAS

Avaliou-se as características fenotípicas do úbere, alguns dados produtivos e outras informações individuais das cabras por serem potenciais fatores de interferência sobre a temperatura superficial do úbere de cabras. Isto significa que esses possíveis fatores, também denominados de variáveis explanatórias, influenciam na TSU obtida pela câmera infravermelha

em animais sem infecção intramamária (IIM) e, portanto, devem ser considerados durante a avaliação termográfica.

As variáveis incluídas nessa avaliação foram descritas no Quadro 2 a seguir.

Quadro 2 – Descrição das variáveis mensuradas que possivelmente influenciam a temperatura superficial do úbere

Variável	Tipo	Níveis/descrição
Metade mamária	Categórica	D (direito) E (esquerdo)
Fase da lactação	Categórica	Inicial (de 8 a 100 dias) Média (entre 101 e 200 dias) Final (mais de 201 dias)
Número de parições	Categórica	P (primípara) M (multípara)
Diagnóstico do vírus da artrite-encefalite caprina	Categórica	Negativo Positivo
Presença de pelos no úbere	Categórica	0 - ausente/rarefeito 1 - média densidade 2 - alta densidade
Coloração do úbere	Categórica	0 - despigmentado 1 - pouco pigmentado 2 - muito pigmentado
Temperatura retal	Numérica	-
Contagem de células somáticas	Numérica	-
Produção de leite	Numérica	-

Fonte: (SEINO, C.H., 2019).

A coloração do úbere (Figura 4) foi considerada uma possível variável explanatória pois influencia na absorção e reflexão do calor, seguindo um dos princípios da radiação.

Figura 4 – Fotografias do úbere de cabras da raça Saanen em vista caudocranial, exemplificando os tipos de coloração da pele do úbere. A – despigmentado; B – pouco pigmentado; C – muito pigmentado

Fonte: (SEINO, C.H., 2019).

A presença de pelos (Figura 5) foi considerado um possível fator de interferência na TSU devido ao bloqueio físico gerado de acordo com a densidade dos pelos, o que limitaria a visualização da superfície da pele do úbere e consequentemente influenciaria na radiação refletida.

Figura 5 – Fotografias do úbere de cabras da raça Saanen em vista caudocranial, exemplificando as classificações quanto a presença de pelo no úbere. A – ausente/rarefeito; B – média densidade; C – alta densidade

Fonte: (SEINO, C.H., 2019).

A CCS foi avaliada por ser um dos métodos diagnósticos clássicos utilizados na identificação de inflamação intramamária, que é um processo que pode gerar sobre alterações no fluxo sanguíneo e consequentemente na temperatura local. São mencionados em pesquisas anteriores alguns fatores que influenciam a CCS, como é o caso da fase de lactação, número de parições, média de produção leiteira, diagnóstico sorológico da infecção por vírus da artrite

encefalite caprina (CAE). Perante essas evidências, tais fatores também foram incluídos no estudo.

O diagnóstico para o vírus da CAE foi realizado a partir de amostra de soro sanguíneo de cada animal, utilizando-se da técnica de imunodifusão em gel de ágar (kit comercial – Biovetech).

A temperatura retal, mensurada logo após o registro fotográfico, é um fator já descrito, em estudos anteriores, como influenciador sobre a temperatura superficial corpórea devido a correlação com o metabolismo do organismo.

3.6. NÚMERO AMOSTRAL E GRUPOS EXPERIMENTAIS

Selecionou-se três propriedades leiteiras, situados no Estado de São Paulo, nas cidades de Pirassununga, São José dos Campos e Suzano. Inicialmente foram incluídas 134 cabras e 267 metades mamárias das quais foram obtidos 267 termogramas e 534 amostras de leite.

No estudo para “padronização da TIV” utilizou-se metades mamárias com cultura microbiológica negativa, sendo excluídas as metades negativas com o lado oposto positivo, isto é, foram incluídos apenas os animais com as duas metades sem infecção intramamária (IIM).

No estudo “caso x controle” utilizou-se dois grupos experimentais em nível de metade mamária. O grupo “controle” foi caracterizado por metades mamárias sem IIM e o grupo “mastite” por metades mamárias com IIM. Foram alocadas nos grupos segundo o resultado do exame microbiológico do leite de cada metade mamária independente do resultado da metade oposta. Realizou-se dessa maneira para avaliar um possível *status* microbiológico de um animal. Entretanto, considerou-se também durante a análise estatística dos dados a possibilidade da influência da infecção de uma ou de duas metades mamárias com IIM sobre a TSU.

Ainda no estudo “caso x controle” realizou-se uma outra avaliação com exclusão das metades com isolamento de microrganismos não estafilococos e os *Staphylococcus aureus*, restando apenas um grupo composto por metades com isolamento de *Staphylococcus* não-*aureus*. Esse agrupamento dos agentes foi realizado para identificar quais os agentes de IIM com maior ocorrência em caprinos, segundo a literatura consultada. A partir disso, realizou-se a comparação da TSU do grupo “estafilococos não aureus” com aquela do grupo “controle”.

3.7 FORMA DE ANÁLISE DOS RESULTADOS

A análise estatística foi conduzida utilizando-se o software estatístico SAS 9.4 (SAS Institute, 2011) considerando como unidade experimental a metade mamária.

3.7.1 Análise dos dados do estudo “padronização da temperatura infravermelha”

Inicialmente as análises individuais considerando as metades mamárias foram conduzidas para cada temperatura (Tmax e Tmed) em cada FGA (elipse, linha, círculo ápice, círculo meio e círculo base) proposta no presente estudo, totalizando dez modelos de análises. A TSU foi considerada como variável resposta para todas as análises. As variáveis explanatórias categóricas e numéricas foram as descritas anteriormente no Quadro 1.

Uma análise univariada foi conduzida para avaliação da distribuição dos valores de TSU e investigação de possíveis valores extremos. Em seguida, uma análise bivariada foi conduzida para investigar a associação da TSU com todas as variáveis explanatórias, utilizando-se testes de T-Student, Wilcoxon, ANOVA e de correlação (PROC TTEST, PROC NPAR1WAY, PROC GLM e PROC CORR). Possíveis interações “two-way” entre todas variáveis explanatórias foram investigadas em cada modelo de análise e foram oferecidas ao modelo final caso significantes ($P < 0,05$). Em todos os modelos, uma análise de multicolinearidade foi realizada para investigar a correlação das variáveis explanatórias contínuas entre si (PROC REG).

Modelos mistos lineares (PROC MIXED) foram construídos para investigar as variáveis explanatórias que influenciam na TSU de cabras sem IIM. Todas as variáveis explanatórias e suas interações foram oferecidas aos modelos e permaneceram nos mesmos caso significantes ($P < 0,05$). A propriedade foi considerada como efeito aleatório e uma estrutura de covariância de simetria composta foi utilizada para modelar a correlação entre as metades dentro de uma mesma cabra. Os modelos finais para cada FGA foram selecionados baseado na significância biológica e na comparação dos ajustes dos mesmos após seleção das variáveis utilizando-se o procedimento de eliminação do tipo “backward”.

Dentre as dez FGAs propostas, a escolha do melhor modelo foi realizada pela verificação do maior R^2 -ajustado (coeficiente de determinação ajustado) e do menor número de variáveis explanatórias conjuntamente.

3.7.2 Análise dos dados do estudo “caso x controle”

Anteriormente ao início do estudo propriamente dito foi realizado o cálculo do número amostral baseado em um estudo piloto conduzido pela equipe de pesquisa (dados não publicados). Os cálculos foram realizados para detectar diferença entre duas médias com variâncias desiguais, assumindo-se $\alpha = 0,05$, poder = 0,8, diferença média entre grupos = 0,9, e desvio-padrão dos grupos de 1,45 e 0,91. Baseado nestas suposições, seriam necessários no mínimo 30 metades mamárias por grupo para o estudo. Os cálculos do número amostral foram realizados no software estatístico SAS 9.4 (SAS Institute, 2011).

Inicialmente, estatísticas descritivas foram produzidas para caracterizar a amostra do estudo. As variáveis explanatórias foram comparadas entre casos e controles utilizando-se testes de Chi-quadrado e Wilcoxon (PROC FREQ e PROC NPAR1WAY). Possíveis interações “two-way” entre todas variáveis explanatórias foram e oferecidas ao modelo final caso significantes ($P < 0,05$). Análise de multicolinearidade foi realizada para investigar a correlação das variáveis explanatórias contínuas entre si (PROC REG).

Modelos mistos lineares (PROC MIXED) foram construídos para comparar a TSU dos grupos controle e mastite, utilizando-se apenas a FGAs com melhores resultados obtidos a partir do resultado do estudo “padronização da TIV” (Tmed elipse e Tmed círculo ápice). Todas as variáveis explanatórias e suas interações foram oferecidas aos modelos e permaneceram nos mesmos, caso significantes ($P < 0,05$). Propriedade foi considerada como efeito aleatório e uma estrutura de covariância de simetria composta foi utilizada para modelar a correlação entre as metades dentro de uma mesma cabra. Os modelos finais foram selecionados baseado na significância biológica e na comparação dos ajustes dos mesmos após seleção das variáveis utilizando-se o procedimento de eliminação do tipo “backward”.

4 RESULTADOS

4.1 EXAME MICROBIOLÓGICO

Dentre os animais incluídos no estudo coletou-se amostras de leite de 267 metades mamárias, totalizando 534 amostras de leite (duplicata das metades) as quais foram submetidas ao exame microbiológico. Obteve-se 236 metades com cultura microbiológica negativa e 31 metades com cultura microbiológica positiva (Tabela 1).

Tabela 1 – Resultados do exame microbiológico das amostras de leite considerando as metades mamária estudadas

Diagnóstico	Rebanho A		Rebanho B		Rebanho C		Total	
	n ¹	%	n	%	n	%	n	%
Infecção intramamária simples	3	3,6	18	13,1	7	15,2	28	10,5
<i>Corynebacterium</i> spp	0	0,0	1	0,7	0	0,0	1	0,4
<i>Staphylococcus aureus</i>	0	0,0	2	1,5	2	4,3	4	1,5
<i>Staphylococcus auricularis</i>	2	2,4	1	0,7	0	0,0	3	1,1
<i>Staphylococcus caprae</i>	1	1,2	2	1,5	1	2,2	4	1,5
<i>Staphylococcus epidermidis</i>	0	0,0	3	2,2	0	0,0	3	1,1
<i>Staphylococcus lugdunensis</i>	0	0,0	6	4,4	0	0,0	6	2,2
<i>Staphylococcus pseudintermedius</i>	0	0,0	1	0,7	0	0,0	1	0,4
<i>Staphylococcus simulans</i>	0	0,0	0	0,0	4	8,7	4	1,5
<i>Staphylococcus vitulinus</i>	0	0,0	1	0,7	0	0,0	1	0,4
<i>Staphylococcus xylosus</i>	0	0,0	1	0,7	0	0,0	1	0,4
Infecção intramamária mista	1	1,2	2	1,5	0	0,0	3	1,1
Sem crescimento	80	95,2	117	85,4	39	84,8	236	88,4
Total	84	100	137	100	46	100	267	100

Fonte: SEINO, C.H., 2019.

Legenda: 1- número amostral

As infecções intramamárias mistas foram três e consistiam de isolamentos de *Staphylococcus capitis* e *Staphylococcus caprae*; *Enterococcus faecium* e *Staphylococcus lugdunensis*; *Enterococcus gallinarum* e *Lactococcus lactis* spp *lactis*.

Da Tabela 1 é observado que dentre as metades mamárias com IIM havia 12,9% de *Staphylococcus aureus* e 74,2% de *Staphylococcus* não-*aureus*, 12,9% com outros agentes.

4.2 RESULTADOS DO ESTUDO “PADRONIZAÇÃO DA TIV”

Após a seleção das metades mamárias segundo os critérios de exclusão previamente estabelecidos para o estudo “padronização da TIV” foram incluídas 174 metades mamárias das quais foram observadas as variáveis explanatórias, categóricas e numéricas, segundo a Tabelas 2 e 3.

Tabela 2 – Características populacionais dos rebanhos (A, B e C) e dos animais incluídos no estudo “padronização da TIV” em relação às variáveis categóricas

Parâmetro	Rebanho A		Rebanho B		Rebanho C		Total	
	n ¹	%	n	%	n	%	n	%
Fase da lactação								
Inicial	46	100	53	55	28	88	127	73
Média	0	0	31	32	4	12	35	20
Final	0	0	12	13	0	0	12	7
Número de partos								
Primípara	10	22	37	39	28	88	75	43
Múltipara	36	78	59	61	4	12	99	57
CAE ²								
Negativo	42	91	46	48	32	100	120	69
Positivo	4	9	50	52	0	0	54	31
Presença de pelos no úbere								
0 - Ausente/rarefeito	24	52	8	8	18	56	50	29
1 - média densidade	12	26	41	43	10	31	63	36
2 - alta densidade	10	22	47	49	4	13	61	35
Coloração do úbere								
0 - despigmentado	20	43	36	34	18	56	74	42
1 - pouco pigmentado	22	48	29	27	8	25	59	34
2 - muito pigmentado	4	9	31	39	6	19	41	24

Fonte: (SEINO, C.H., 2019).

Legenda: ¹ número amostral, ² diagnóstico para o vírus da artrite encefalite caprina.

Tabela 3 – Características populacionais dos rebanhos (A, B e C) e animais incluídos no “estudo padronização TIV” em relação às variáveis numéricas

Parâmetro	Rebanho A				Rebanho B				Rebanho C				Total	
	Média ± DP ¹	Min	Max		Média ± DP	Min	Max		Média ± DP	Min	Max		Média ± DP	
TR ² (°C)	39,1 ± 0,3	38,6	39,5		38,3 ± 0,4	37,4	39,0		38,7 ± 0,4	38,1	39,5		38,6 ± 0,5	
CCS ³ (x10 ³)	439 ± 129	7	6737		335 ± 447	7	1866		227 ± 279	6	1078		342 ± 747	
LogCCS ⁴	11,5 ± 1,5	8,9	15,7		11,8 ± 1,4	8,9	14,4		11,4 ± 1,6	8,7	13,9		11,6 ± 1,5	
Prodle ⁵ (L)	2,93 ± 0,7	7	3,1		2,27 ± 0,9	1	5		2,41 ± 0,8	1,5	4,4		2,3 ± 0,8	

Fonte: (SEINO, C.H., 2019).

Legenda: ¹ desvio padrão; ² temperatura retal; ³ contagem de células somáticas (células/mL de leite); ⁴ logaritmo da contagem de células somáticas; ⁵ produção leiteira individual;

A partir dessa população, realizou-se primeiramente uma análise estatística descritiva, da qual foram obtidos os valores de TSU segundo cada FGA sem a avaliação das variáveis explanatórias (Tabela 4).

Tabela 4 – Estatística descritiva (não ajustada) para temperatura superficial do úbere de metades mamárias de cabras sem infecção obtidas do estudo “padronização da TIV”

FGA ¹	n ²	Média	±	DP ³	Mínimo	Q1 ⁴	Mediana	Q3 ⁵	Máximo
Elipse									
Tmax ⁶	174	36,6	±	0,5	35,1	36,2	36,6	37,0	37,9
Tmed ⁷	174	35,4	±	0,8	32,5	35,0	35,4	35,9	36,8
Linha									
Tmax	174	36,2	±	0,6	34,7	35,7	36,1	36,6	37,8
Tmed	174	35,7	±	0,8	32,9	35,0	35,4	35,9	36,8
Círculo Ápice									
Tmax	174	35,8	±	0,8	33,0	35,3	35,9	36,4	37,8
Tmed	174	35,0	±	1,1	31,3	34,3	35,1	35,8	37,4
Círculo Meio									
Tmax	174	36,0	±	0,6	33,9	35,7	36,1	36,5	37,6
Tmed	174	35,5	±	0,7	33,2	35,1	35,6	36,0	36,8
Círculo Base									
Tmax	174	36,1	±	0,6	34,4	35,8	36,2	36,6	37,4
Tmed	174	35,5	±	0,8	32,4	35,1	35,6	36,0	37,0

Fonte: (SEINO, C.H., 2019).

Legenda: ¹Figura geométrica de análise, ²número amostral, ³desvio padrão, ⁴primeiro quartil; ⁵terceiro quartil, ⁶temperatura máxima, ⁷temperatura média.

Posteriormente foram avaliadas as variáveis explanatórias com o objetivo de observar-se quais desses fatores influenciaram as TSU, segundo cada FGA.

4.2.1 Variáveis explanatórias

Inicialmente na avaliação das variáveis explanatórias foram analisadas as diversas variáveis por meio de uma investigação bivariada em que se observou uma possível influência individual das variáveis em relação a cada FGA (Quadro 3). Notou-se um comportamento semelhante das variáveis independente da FGA utilizada, com exceção do número de partos na FGA “Tmax círculo ápice” e produção leiteira nas FGAs “Tmax círculo meio”, “Tmax círculo base” e “Tmed círculo base”.

Quadro 3 – Análise bivariada das variáveis que podem influenciar a temperatura superficial do úbere de cabras sem infecção intramamária. (+) Significativa, $P < 0,05$; (-) Não significativa

Variável	FGA ¹ Elipse		FGA Linha		FGA Círculo Ápice		FGA Círculo Meio		FGA Círculo Base	
	Tmax ²	Tmed ³	Tmax	Tmed	Tmax	Tmed	Tmax	Tmed	Tmax	Tmed
Metade mamária	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fase de lactação	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Número de partos	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
CAE ⁴	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Pelos no ubere ⁵	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Cor do ubere	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Temperatura retal	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
LogCCS ⁶	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Produção leiteira	+	+	+	+	+	+	-	+	-	-

Fonte: (SEINO, C.H., 2019).

Legenda: ¹figura geométrica de análise; ²temperatura máxima; ³temperatura média; ⁴diagnóstico para o vírus da artrite encefalite caprina; ⁵densidade de pelos no úbere; ⁶logaritmo da contagem de células somáticas.

Posteriormente foi realizada a análise multivariada em que se avaliou todas as possíveis variáveis explanatórias para cada FGA, junto aos respectivos R^2 (coeficiente de determinação) e R^2 ajustado (Tabela 5).

Tabela 5 – Resultados dos modelos multivariados para determinação da temperatura superficial do úbere de metades mamárias sem infecção intramamária (estudo “padronização da TIV”)

FGA	Nvar	Nobs	R^2	R^2 ajustado	SQE
Tmax elipse	4	156	0,57	0,56	22,14
Tmed elipse	5	174	0,61	0,60	41,79
Tmax linha	10	156	0,59	0,56	24,71
Tmed linha	6	174	0,62	0,60	37,99
Tmax círculo ápice	5	172	0,52	0,51	57,43
Tmed círculo ápice	5	172	0,62	0,61	84,35
Tmax círculo base	5	172	0,49	0,47	36,08
Tmed círculo base	5	172	0,48	0,47	39,78
Tmax círculo meio	2	172	0,42	0,41	34,27
Tmed círculo meio	4	172	0,50	0,49	52,33

Legenda: FGA - figura geométrica de análise; Nvar - número de variáveis explanatórias; Nobs - número de observações; SQE - soma do quadrado dos erros; Tmax - temperatura máxima, Tmed - temperatura média.

A partir dessa avaliação foi realizada a escolha da FGA mais adequada para avaliar a TSU, isto é, a FGA que apresentava menor número de variáveis explanatórias e maior R^2 ajustado. Obteve-se que as FGA “Tmed elipse” e FGA “Tmed círculo ápice” foram as melhores para avaliação da TSU. Para cada uma dessas FGA observou-se cinco variáveis explanatórias e uma variável com interação, isto é, duas variáveis que em conjunto influenciam a TSU, sendo

que individualmente elas influenciam de forma diferente ou mesmo não interagem com a TSU (Quadro 4).

Quadro 4 – Variáveis explanatórias que influenciam as temperaturas superficiais do úbere em metades mamárias sem infecção de acordo com as figuras geométricas de análise selecionadas (estudo “padronização da TIV”)

FGA “Tmed elipse”	FGA “Tmed círculo ápice”
Fase de lactação	Fase de lactação
CAE	CAE
Temperatura retal	Temperatura retal
Presença de pelos no úbere	Presença de pelos no úbere
CAE * presença de pelos no úbere	CAE * presença de pelos no úbere

Fonte: (SEINO, C.H., 2019).

Legenda: FGA – figura geométrica de análise; Tmed - temperatura média; CAE – diagnóstico para o vírus da artrite encefalite caprina; * interação

Considerando-se os resultados das FGA mais adequadas para a determinação da TSU, obteve-se as estimativas das temperaturas superficiais ajustadas de acordo com as variáveis explanatórias determinadas anteriormente (Tabela 6).

Tabela 6 – Resultados das estimativas ajustadas das temperaturas superficiais das metades mamárias sem infecção considerando-se as figuras geométricas de análise selecionadas (estudo “padronização da TIV”)

Variáveis explanatórias	FGA “Tmed elipse”		FGA “Tmed círculo ápice”	
	Valor-P ¹	EA±EPE	Valor-P	EA±EPE
Fase de lactação	<0,01	..	<0,01	..
Inicial	..	35,63 ^a ± 0,10	..	35,21 ^a ± 0,28
Médio	..	35,71 ^a ± 0,16	..	35,33 ^a ± 0,34
Final	..	34,85 ^b ± 0,23	..	33,93 ^b ± 0,42
CAE	<0,01	..	<0,01	..
Positivo	..	35,83 ^a ± 0,19	..	35,28 ^a ± 0,39
Negativo	..	34,96 ^b ± 0,10	..	34,37 ^b ± 0,28
Presença de pelos no úbere	0,37	..	0,06	..
0 - ausente/rarefeito	..	35,72 ^a ± 0,27	..	35,23 ^a ± 0,45
1- média densidade	..	35,38 ^a ± 0,13	..	34,8 ^a ± 0,32
2 - alta densidade	..	35,23 ^a ± 0,10	..	34,45 ^a ± 0,30
Temperatura retal	<0,01	..	<0,01	..
CAE*Pelos no úbere	0,03	..	<0,01	..
Positivo*0	..	36,07 ^{abc} ± 0,51	..	35,74 ^{ab} ± 0,76
Positivo*1	..	35,61 ^{ab} ± 0,15	..	34,93 ^a ± 0,36
Positivo*2	..	35,81 ^a ± 0,16	..	35,17 ^a ± 0,35
Negativo*0	..	35,08 ^c ± 0,13	..	34,72 ^a ± 0,30
Negativo*1	..	35,14 ^{bc} ± 0,16	..	34,66 ^a ± 0,33
Negativo*2	..	34,65 ^c ± 0,12	..	33,72 ^b ± 0,30

Fonte: (SEINO, C.H., 2019).

Legenda: ¹nível de significância de 0,05; FGA – figura geométrica de análise; Tmed - temperatura média; EA - estimativa ajustada; EPE - erro padrão estimado; CAE - diagnóstico para o vírus da artrite encefalite caprina; *interação

Na Tabela 6 é possível verificar alguns resultados semelhantes em ambas as FGAs selecionadas: em relação a fase de lactação, há uma maior TSU em animais que estão em fase de lactação inicial e média; sobre o diagnóstico de CAE observa-se que a TSU de animais positivos foi maior que os negativos; não houve significância na avaliação da presença de pelos no úbere; houve significância na avaliação da temperatura retal.

Em relação a interação apresentada na Tabela 6, houve significância estatística na interação de CAE com presença de pelos no úbere em ambas as FGA selecionadas. Na FGA “Tmed elipse” observou-se que não houve diferença nas temperaturas quando observou-se um mesmo diagnóstico para CAE entre as diferentes densidades de pelo. Mas ao observar-se dentro uma mesma categoria de pelos do úbere, observou-se que as TSU dos animais CAE positivos foram maiores do que dos negativos apenas na categoria 2 de pelos no úbere.

Na FGA Tmed círculo ápice observou-se que não houve diferença na TSU quando de um mesmo diagnóstico de CAE entre as diferentes densidades de pêlos, exceto nos animais negativos em que houve uma menor temperatura na categoria 2 em relação as categorias 0 e 1.

Ao observar dentro de uma mesma categoria de pelos a influência da CAE, encontrou-se que apenas na categoria 2, a TSU dos positivos foi maior que aquela dos negativos.

4.3 RESULTADOS DO ESTUDO “CASO X CONTROLE”

Nesse estudo incluiu-se 226 metades mamárias das quais 196 metades mamárias pertenciam ao grupo “controle” e 30 metades ao grupo “mastite” das quais foram obtidas as características categóricas (Tabela 7) e numéricas (Tabela 8).

Tabela 7 - Características (variáveis categóricas) dos grupos “controle” e “mastite” incluídos no estudo “caso x controle” em nível de metade mamária

Variáveis categóricas	Mastite		Controle		Valor-P
	n ¹	%	n	%	
Metade mamária	..	..	..	..	1,00
Direita	15	50	98	50	..
Esquerda	15	50	98	50	..
Fase de lactação	..	..	..	..	0,49
Inicial	19	63	142	73	..
Média	9	30	40	20	..
Final	2	7	14	7	..
Número de partos	..	..	..	..	0,35
Primíparas	10	33	83	42	..
Multíparas	20	67	113	58	..
CAE²	..	..	..	..	<0,01
Negativo	13	43	133	68	..
Positivo	17	57	63	32	..
Presença de pelos no úbere	..	..	..	..	0,03
0 - ausente/rarefeito	13	43	61	31	..
1- média densidade	14	47	71	36	..
2 - alta densidade	3	10	64	33	..
Coloração do úbere	..	..	..	..	0,06
0 - despigmentado	8	27	80	41	..
1 - pouco pigmentado	8	27	65	33	..
2 - muito pigmentado	14	46	51	26	..

Fonte: (SEINO, C.H., 2019).

Legenda: ¹número amostral de análise; ²diagnóstico para o vírus da artrite encefalite caprina.

Tabela 8 - Características (variáveis numéricas) dos grupos “controle” e “mastite” incluídos no estudo “caso x controle” em nível de metade mamária

Variáveis numéricas	n¹	Média ± DP²	Med³	Min⁴	Max⁵	Valor-P
Temperatura retal (°C)	..	..	..	..	..	0,01
Mastite	30	38,3 ± 0,4	38,4	37,8	39,2	..
Controle	196	38,5 ± 0,5	38,6	37,4	39,5	..
LogCCS (x10⁶)⁶	..	..	..	..	..	<0,01
Mastite	30	13,6 ± 1,0	13,7	11,5	15,2	..
Controle	196	11,7 ± 1,5	11,3	8,7	15,7	..
Produção de leite (g)	..	..	..	..	..	0,72
Mastite	30	2230 ± 879	2000	800	4100	..
Controle	196	2283 ± 847	2200	700	5000	..

Fonte: (SEINO, C.H., 2019).

Legenda: ¹número amostral de análise, ²desvio padrão, ³mediana, ⁴mínima, ⁵máxima, ⁶logaritmo da contagem de célula somática

A partir da avaliação das características categóricas de cada grupo experimental foi possível inferir, considerando o nível de significância de 0,05, que houve diferença na distribuição dos grupos experimentais em relação ao diagnóstico da CAE e presença de pelos no úbere. Na avaliação das variáveis numéricas, foi possível observar que houve diferença entre os grupos segundo a temperatura retal e logCCS.

A análise estatística das FGA selecionadas consistiu na comparação dos grupos experimentais de acordo com duas abordagens do grupo “mastite”, sendo essas considerando um grupo composto por todos os patógenos isolados e um outro com apenas os estafilococos não aureus (Figura 6). Na avaliação da FGA “Tmed elipse”, observou-se valores e comportamento dos grupos experimentais semelhantes e independente da avaliação quanto à considerar-se todos os patógenos ou estafilococos não aureus. O mesmo foi observado na avaliação da FGA “Tmed círculo ápice”.

Figura 6 – Representação gráfica das temperaturas superficiais do úbere ajustadas de cada uma das figuras geométricas selecionadas em relação aos grupos experimentais propostos no estudo “caso x controle”

Fonte: (SEINO, C.H., 2019).

Legenda: Tmed - temperatura média.

Realizou-se também uma comparação qualitativa dos termogramas de animais infectados por *Staphylococcus aureus*, e se observou uma diferença da coloração das metades mamárias infectadas em dois animais (2/4), conforme demonstrado na Figura 7. Nos outros animais infectados com *S. aureus* não foi observado diferença na avaliação das cores dos termogramas entre a metade infectada e a sem infecção. Não houve relação aparente com o diagnóstico de CAE, presença de pelos e valores de CCS (Quadro 5).

Figura 7 – Termogramas dos úberes de cabras com isolamento de *Staphylococcus aureus* em uma das metades mamária e sem isolamento microbiológico na metade oposta

Fonte: (SEINO, C.H., 2019).

Legenda: A – Metade mamária esquerda positiva para *S. aureus* e a direita negativa no exame microbiológico; B- metade mamária esquerda negativa no exame microbiológico e a direita positiva para *S. aureus*.

Quadro 5 – Características das cabras com infecções por *Staphylococcus aureus*

	Cabra 1	Cabra 2	Cabra 3	Cabra 4
Microbiológico¹				
Direita	<i>S. aureus</i>	Negativo	<i>S. aureus</i>	<i>S. aureus</i>
Esquerda	Negativo	<i>S. aureus</i>	Negativo	Negativo
Diferença metades²	Não	Sim	Sim	Não
CAE³	Negativa	Negativa	Positiva	Positiva
CCS (x1000cel/mL)⁴				
Direita	611	870	3847	2001
Esquerda	428	1888	3695	3058
Presença de pelos⁵	1	0	2	2

Fonte: (SEINO, C.H., 2019).

Legenda: ¹Resultado do exame microbiológico de cada metade mamária; ²diferença das metades mamárias de um mesmo animal quanto a coloração nos termogramas; ³diagnóstico ao vírus da artrite encefalite caprina; ⁴contagem de células somáticas; ⁵categorias quanto a presença de pelos no úbere sendo 0 (zero) ausente ou rarefeito, 1 (um) média densidade e 2(dois) alta densidade.

Na comparação da TSU do grupo “controle” e do grupo “mastite”, quanto à avaliação de todas as agentes isolados das metades mamárias com IIM (Tabela 9), foi observado que não houve diferença estatística significativa entre os grupos em ambas as FGA selecionadas. Da mesma forma, na comparação da TSU do grupo “controle” com aquela do grupo “estafilococos não aureus” (Tabela 9), não foi observado diferença estatística significativa entre os grupos, independente da FGA selecionada.

Tabela 9 - Resultados das estimativas ajustadas da temperatura superficial do úbere das metades mamárias dos grupos experimentais propostos no estudo “caso x controle”

FGA ¹	EA ² ± EPE ³	Valor-P ⁴
Todos os patógenos⁵		
Tmed⁶ elipse	..	0,29
Mastite	35,48 ± 0,14	..
Controle	35,37 ± 0,11	..
Tmed círculo ápice	..	0,12
Mastite	35,18 ± 0,33	..
Controle	34,94 ± 0,31	..
Estafilococos não aureus		
Tmed elipse	..	0,44
Mastite	35,47 ± 0,15	..
Controle	35,38 ± 0,12	..
Tmed círculo ápice	..	0,12
Mastite	35,23 ± 0,35	..
Controle	34,96 ± 0,32	..

Fonte: (SEINO, C.H., 2019).

Legenda: ¹figura geométrica de análise; ²estimativa ajustada; ³erro padrão estimado;

⁴nível de significância de 0,05; ⁵todos os agentes isolados das infecções intramamárias; ⁶temperatura média.

Diante de alguns resultados imprevistos e somados a possibilidade de que esses resultados tenham sido gerados pela distribuição não homogênea dos grupos experimentais quanto ao sorodiagnóstico da CAE (demonstrado na Tabela 7), realizou-se uma análise estatística não previamente planejada, a fim de avaliar se essa distribuição desigual dos grupos influenciou no resultado do estudo “caso x controle” (Quadro 6).

Quadro 6- Resultados da modelagem e estimativas ajustadas da temperatura superficial do úbere das metades mamárias dos grupos experimentais propostos no estudo “caso x controle” com estratificação pelo diagnóstico de CAE

	CAE ¹	Valor- <i>P</i> ²	Teste ³	Grupo ⁴	Média	Mediana
FGA “Tmed elipse” (todos os patógenos)	Negativo	0,53	Wilcoxon	mastite	35,43	35,20
				controle	35,21	35,30
	Positivo	0,56	Wilcoxon	mastite	35,62	35,60
				controle	35,72	35,70
FGA “Tmed elipse” (estafilococos não aureus)	Negativo	0,86	Wilcoxon	mastite	35,27	35,20
				controle	35,21	35,30
	Positivo	0,84	Wilcoxon	mastite	35,70	35,80
				controle	35,72	35,70
FGA “Tmed círculo ápice” (todos os patógenos)	Negativo	0,15	Wilcoxon	mastite	35,31	35,30
				controle	34,83	35,00
	Positivo	0,64	T-test	mastite	35,08	35,30
				controle	35,20	35,30
FGA “Tmed círculo ápice” (estafilococos não aureus)	Negativo	0,46	Wilcoxon	mastite	35,13	35,10
				controle	34,83	35,00
	Positivo	0,71	T-test	mastite	35,30	35,45
				controle	35,20	35,30

Fonte: (SEINO, C.H., 2019).

Legenda: ¹diagnóstico para o vírus da artrite encefalite caprina; ² nível de significância de 0,05; ³teste estatístico; ⁴grupo experimental

Os resultados dessa análise evidenciaram que não houve diferença da TSU entre os grupos experimentais mesmo com a estratificação quanto a CAE.

5. DISCUSSÃO

O presente estudo alcançou o objetivo proposto em avaliar o uso da termografia infravermelha como um método auxiliar no diagnóstico de infecção intramamária (IIM) em caprinos. A partir dos resultados dessa pesquisa observou-se que essa alternativa diagnóstica não detectou uma diferença nas temperaturas superficiais do úbere (TSU) das metades mamárias controle e mastite, isto sugere que a técnica não é capaz de identificar as metades mamárias infectadas com os patógenos isolados do leite das cabras incluídas no estudo.

A fim de alcançar tal objetivo, propôs-se uma padronização do uso da termografia infravermelha para avaliar-se o úbere na espécie caprina na qual se obteve duas figuras geométricas de análise (temperatura média da elipse e a temperatura média do círculo ápice) como as mais adequadas para obter-se as TSU dos animais sem IIM e determinou-se as variáveis explanatórias para essa temperatura. Durante a padronização, observou-se que os animais infectados pelo vírus da artrite encefalite caprina apresentaram maior temperatura superficial do úbere em comparação aos negativos para a mesma enfermidade.

No delineamento da pesquisa considerou-se os fatores que interferem sobre a temperatura superficial do úbere descritos anteriormente na literatura para a padronização dos termogramas, sendo esses: variações atmosféricas (temperatura ambiente e umidade relativa do ar), incidência da radiação solar, presença de sujidades e umidade na superfície de pele avaliada, distância ao foco da câmera, influências circadianas (padronizado pela coleta de todos os termogramas no período matutino, e em meses do ano próximos) e temperatura retal.

A exclusão dos tetos na avaliação do úbere dos animais estudados seguiu os critérios adotados na maioria das pesquisas que constavam na literatura consultada, que não incluía essa região na avaliação de ocorrência de mastite subclínica em bovinos e ovinos leiteiros. A maioria dos estudos que analisaram a temperatura do teto tiveram por finalidade a avaliação da influência dos equipamentos de ordenha sobre os tetos (KUNC et al., 2007). Observou-se apenas uma pesquisa (PAMPARIENE et al., 2016) que utilizou a temperatura obtida no teto, na região próxima à roseta de Fürstenberg, para identificar mastite subclínica em vacas em comparação ao CMT.

Em relação a população avaliada observou-se uma incidência de 88,4% (236/267) de metades mamárias negativas e 11,6% de metades mamárias positivas (31/267) para o isolamento de microrganismos. São resultados divergentes daqueles destacados nas pesquisas consultadas, que observaram uma prevalência nacional variando entre 22 e 75% (PEIXOTO et al., 2010). Essa menor porcentagem de IIM nas cabras estudadas pode ser explicada pelos

cuidados sanitários aplicados nas propriedades escolhidas, a fim de impedir a ocorrência de mastite, como a utilização de *pré-dipping* e *pós-dipping*, higienização e manutenção frequente da sala e equipamentos de ordenha, além da aplicação de outras condições zoonosológicas.

Em relação aos agentes etiológicos isolados no estudo, identificou-se a maioria (87,1%, 27/31) como *Staphylococcus* spp., o que repete o encontrado na literatura que afirma que esse gênero é o principal em todas as formas de mastite em caprinos (DA SILVA et al. 2004). Dentre essas metades positivas, 84,6% (22/26) eram de *Staphylococcus* coagulase negativo (SCN) e 15,4% (4/26) eram de *S. aureus*, resultados semelhantes aos obtidos em diversos estudos sobre a frequência das espécies de *Staphylococcus* em mastite subclínica em rebanhos caprinos no mundo e no Brasil, como Muricy (2003) que encontrou no Rio Grande do Sul cerca de 82,8% de SCN e 17,2% de *S. aureus*.

Dentre as espécies de SCN isoladas, as mais encontradas no estudo foram as *S. lugdunensis*, seguido da *S. caprae* e *S. simulans*. São frequências discordantes da literatura mundial, mas que ocorrem provavelmente pela variação na prevalência entre os rebanhos (SUPRÉ et al., 2011; KOOP et al., 2012) e pelos métodos diagnósticos utilizados para o reconhecimento de cada espécie. Além disso, há mais de 50 espécies e subespécies de SCN catalogadas, com constantes identificação de novas espécies (SUPRÉ et al., 2010; SUPRÉ et al., 2011).

Sobre as características da população selecionada no estudo para padronização da TIV foi observado que os animais apresentaram temperatura retal dentro da normalidade de 37°C a 39,5°C. A produção média diária das cabras foi de 2,3 litros de leite, resultado dentro do volume médio apresentado em outros estudos como o de Irano et al. (2012) com 2,4Kg/dia e aquele de Serradilla (2001) que observou ser de até 4,16Kg/dia de leite na raça Saanen e Alpina. Em relação a CCS, observa-se que a média da população e de cada rebanho se colocou no intervalo de normalidade por estar entre 200×10^3 células até 10^6 células/mL de leite (PAAPE et al., 2001). Entretanto, há muitas metades mamárias com valores acima desse intervalo de normalidade, com valor máximo de CCS maior do que 6×10^6 cel/mL de leite. Tal evidência demonstra uma controvérsia nos resultados, visto que essas metades mamárias não apresentaram isolamento de agentes infecciosos do leite. Uma justificativa é a variação fisiológica da CCS já mencionada nas pesquisas consultadas, presente na espécie caprina independente da presença de mastite.

A escolha da FGA ocorreu principalmente pela consideração do menor número de variáveis explanatórias, visto que os maiores valores de R^2 ajustado eram semelhantes. A seleção pela temperatura média das FGA corroborou com pesquisa de Berry et al., 2003 que utilizaram o valor médio da temperatura superficial para avaliar as variações circadianas, assim

como os critérios de outras pesquisas que utilizaram a média da temperatura superficial da região mamária para identificar a presença de um processo inflamatório na região (COLAK et al., 2008; PEZESHKI et al., 2011; MARTINS et al., 2013; SAMARA, AYADI, ALJUMMAAH, 2014; BORTOLAMI et al., 2015; PAMPARIENE et al., 2016; SATHIYABARATHI et al., 2018). Entretanto, divergiu do critério aplicado por alguns autores que utilizaram apenas as temperaturas máximas da região para detecção de mastite (METZNER et al., 2014; SATHIYABARATHI et al., 2016; YANG et al., 2018), que foi justificado por alguns pela alta correlação com a temperatura retal (HOVINEN et al., 2008);

A seleção das FGAs corroborou com os critérios usados por alguns autores. A FGA “elipse” baseou-se nos estudos de Berry et al. (2003) e Metzner et al. (2014), nos quais esses autores preconizam englobar toda a região avaliada, utilizando-se de uma ferramenta do software termográfico que traceja um esboço da superfície posterior do úbere, semelhante à elipse proposta nesta pesquisa, que também pretendia delimitar a maior área da superfície mamária apresentada em vista caudocranial. A FGA “círculo” seguiu os estudos de Hovinen et al. (2008), Pezeshki et al. (2011) e Yang et al. (2018), nos quais traçaram figuras geométricas circulares em regiões específicas do úbere. De forma investigativa, foi proposto, na atual pesquisa, a avaliação de três áreas circulares ao longo do comprimento médio de cada metade mamária, das quais foi selecionado o “círculo ápice” para a padronização da termografia. É um resultado que diverge daqueles dos estudos referidos, nos quais observaram a área próxima aos tetos como melhor preditora da temperatura superficial do úbere e a utilizaram com sucesso no diagnóstico da mastite em bovinos.

As duas FGAs selecionadas no presente estudo apresentaram as mesmas variáveis explanatórias, que foram algumas das observadas durante a análise bivariada dos fatores com suposta influência na TSU. Algumas possíveis variáveis explanatórias com significância estatística na análise bivariada não permaneceram no modelo final das FGAs selecionadas, como aconteceu para a coloração do úbere e a produção leiteira. Provavelmente a coloração do úbere não foi um fator que interferiu sobre a TSU pois na presente pesquisa houve a preocupação em se proteger a região mamária da radiação solar direta, o que impediu a elevação da temperatura local, particularmente da região mais escura na qual haveria maior absorção do calor pela irradiação do sol. A produção leiteira não influenciou a TSU, concordando com o observado por Yang et al. (2018) que demonstraram que em vacas leiteiras, a temperatura superficial dos quartos mamários posteriores antes da ordenha não foi influenciada pela produção leiteira, o sendo apenas após a ordenha. Justifica-se tal comportamento pois antes da ordenha há o acúmulo de leite na glândula mamária o qual gera uma diminuição no fluxo

sanguíneo local e consequentemente uma redução no metabolismo secretório do tecido, havendo a retomada desse metabolismo e fluxo sanguíneo após a ordenha com a ausência do acúmulo de leite, isto é, cerca de 25 a 30min após a ordenha (YANG et al., 2018). Esse resultado difere do encontrado por Schmidt et al. (2004) que verificaram uma maior temperatura superficial nas vacas com maior produção leiteira.

As variáveis explanatórias significativas ao modelo final das FGA selecionadas foram a temperatura retal, fase de lactação, presença de pelo no úbere e o diagnóstico de CAE. A relação da temperatura retal com a temperatura superficial de algumas regiões corpóreas específicas foi descrita em diversos estudos que utilizaram a termografia infravermelha para prever alterações na temperatura relacionadas às condições de conforto térmico e presença de algumas enfermidades sistêmicas em animais de produção (STEWART et al., 2007; MONTANHOLI et al., 2008; PAIM et al., 2012; VALERA et al., 2012; LUZI et al., 2013; SOERENSEN et al., 2014; WESCHENFELDER et al., 2014).

Na avaliação da influência da fase de lactação, observou-se uma maior TSU nas fases inicial e média de lactação em comparação à fase final. Uma possível explicação para esse comportamento consiste no fato de que na fase inicial de lactação inclui-se o pico de lactação, no período de 50 a 60 dias de lactação (GIPSON E GROSSMAN, 1990; MONTALDO, ALMANZA E JUÁREZ, 1997), havendo para tal necessidade de um maior metabolismo local e um aumento da vascularização do úbere mantida durante a persistência do volume da lactação de 100 a 200 dias, que é o período denominado de fase média de lactação na presente pesquisa. Na fase final de lactação há uma importante diminuição na produção leiteira e consequente redução no metabolismo local, fato que justifica a diminuição da TSU.

Em relação a presença de pelos no úbere dos caprinos, esperava-se uma diminuição da TSU em animais com maior densidade de pelos. Essa expectativa foi embasada na observação de que a evaporação que ocorre em uma região com maior densidade de pelos é menos intensa quando comparada àquela de uma superfície cutânea exposta, isto é, há uma menor eliminação de calor quanto maior a presença de pelos (KERSLAKE, 1972 *apud* LIGEIRO et al., 2006). Entretanto, no presente estudo, não foi observado diferença estatística significativa da TSU na comparação de áreas com diferenças de densidade de pelos proposta. Isto provavelmente ocorreu pois, apesar da classificação quanto a densidade dos pelos visualmente realizada, a característica geral dos pelos dos caprinos é de pelos finos e compridos, o que permite uma maior transferência de calor por convecção forçada (movimentação do ar), por convecção livre (gradiente térmico) e por difusão do vapor (GEBREMEDHIN et al., 1983; CENA, MONTEITH, 1975a; CENA, MONTEITH, 1975b). Assim, há uma semelhante eliminação do

calor dentre os caprinos, havendo uma real diferença apenas quando comparado aos animais com pelos muito mais densos como os dos bovinos (LIGEIRO et al., 2006).

Na análise da TSU das metades mamárias sem IIM quanto ao diagnóstico da CAE, obteve-se uma maior temperatura em animais soropositivos ao vírus. Isso pode ser justificado pois as cabras soropositivas apresentam uma ativação da atividade inflamatória e imune da glândula mamária, que possivelmente gera uma maior vascularização e aumento da temperatura local, observada pelo exame termográfico. Isso é evidenciado pelo fato de que animais com CAE apresentam maior CCS por conta de maior número de macrófagos mesmo na ausência de infecção intramamária (SANCHEZ et al., 2001). Outros autores verificaram que além do aumento da CCS há uma maior atividade de N-acetil-beta-glucosaminidase (RYAN, GREENWOOD, NICHOLLS, 1993), devido ao aumento das células inflamatórias que contêm essa enzima intracelular (KAARTINEN et al., 1990 *apud* RYAN, GREENWOOD, NICHOLLS, 1993) e também aos danos ao tecido mamário por resposta imune ao vírus (POST et al., 1986 *apud* RYAN, GREENWOOD, NICHOLLS, 1993).

Houve a interação do diagnóstico da CAE e presença de pelo no úbere, isto é, apesar da ausência de diferença estatística significativa entre as TSU dos tipos de densidade de pelos propostos, quando analisado junto ao diagnóstico da CAE resultou em diferença entre os grupos. Os resultados das diferenças entre os grupos dessa interação seguiram, de forma geral, ao observado de que em menor densidade de pelos há maior evaporação do calor da região, sendo que no caso da ocorrência da CAE há uma temperatura local mais elevada. Em relação as FGA selecionadas, nota-se que ambas seguiam esse mesmo comportamento, mas na FGA “Tmed círculo ápice” houve uma maior interferência da densidade de pelos pois nessa região de ápice do úbere se encontrava a maior presença dos mesmos.

Outra observação durante a análise de interação foi que a TSU dos animais soropositivos para CAE e de pelos ausentes/rarefeitos apresentou maior erro padrão ajustado comparado às demais interações, o que provavelmente resultou na ausência de diferença estatística significativa aos demais parâmetros quanto a CAE e presença de pelos. Uma possível justificativa a esse resultado é de que essa categoria dos animais sofreu maior interferência das variações atmosféricas, como o que ocorreu nos resultados de pesquisa com bezerros na qual os animais hipertérmicos não apresentavam uma mesma tendência de aumento da temperatura superficial corpórea em relação a temperatura retal como os hipotérmicos e possivelmente

sofreram maior influência atmosférica e de outras atividades fisiológicas (SEINO et al., dados não publicados¹).

Em relação as características das metades mamárias do estudo “caso x controle” observou-se porcentagens semelhantes nos grupos em relação a fase de lactação, sendo de maior magnitude a de animais em início de lactação, pois programou-se a coleta nas propriedades em datas que houvesse maior número de cabras nesse período inicial de lactação, por ser apontada por pesquisas anteriores como a fase com maiores ocorrências de IIM (EAST et al., 1987; SANCHEZ, CONTRERAS, CORRALES, 1999). No entanto, ao avaliar as porcentagens dos grupos experimentais em cada fase, observou-se que houve maior porcentagem de metades mamárias infectadas no meio da lactação (18,3%, 9/49) em relação ao início (11,8%, 19/161) e final (12,5%, 2/16) – Tabela 7. Esses resultados contrariam a expectativa criada por tais pesquisas e podem ser comparados aos achados do estudo de McDougall, Malcolm e Prosser (2014) que também encontraram porcentagens maiores em animais com 14 semanas e com 27 semanas de lactação, momentos que englobam o término da fase inicial de lactação e a fase média da lactação estabelecidos no presente estudo.

Houve maior porcentagem de metades mamárias pertencentes ao grupo “mastite” em cabras multíparas (15%, 20/133) do que de animais primíparas (10,7%, 10/93) – Tabela 7, corroborando com resultados de autores que descreveram que o número de partos representava um fator de risco para mastite (SANCHEZ, CONTRERAS, CORRALES, 1999; MCDOUGALL, MALCOLM, PROSSER, 2014).

A presença de pelos no úbere teve diferente distribuição entre os grupos experimentais, mas não foi um possível fator de alteração do resultado final, visto que no estudo de padronização da TIV verificou-se que a condição de presença de pelos no úbere isoladamente, não levaria a uma alteração na TSU, apenas em presença de CAE. O mesmo pode ser afirmado em relação a coloração do úbere que na avaliação do estudo “padronização da TIV” não representou uma variável explanatória e também não diferiu quanto às porcentagens entre os grupos experimentais.

A temperatura retal apresentou diferença entre os grupos do estudo “caso x controle” e contrariando a expectativa apresentou maiores temperaturas nos animais do grupo “controle”.

¹ SEINO, C. H.; SANTOS, R. B.; SHECAIRA, C. L.; BOMBARDELLI, J. A.; REIS, G. A.; ROSSI, R. S.; AZEDO, M. R.; BENESI, F. J. Evaluation of the body surface temperature of calves by infrared thermography in different thermal states. *Journal of Thermal Biology* (submetido em 2019)

Entretanto, a diferença térmica é pequena (cerca de 0,2°C) e não apresenta um significado biológico lógico.

Na verificação das porcentagens dos animais em relação aos diagnósticos de CAE e de infecção intramamária, observa-se que há uma maior porcentagem de animais com infecção intramamária em animais CAE positivos (21,25%, 17/80) do que naqueles negativos (8,9%, 13/146). Há assim, uma maior susceptibilidade à infecções em animais soropositivos para CAE, pois como demonstrado por alguns estudos, apesar desses animais possuírem maior número de macrófagos, esses são menores e menos ativos quando comparados aos presentes na IIM. Além do que, o vírus leva a uma imunossupressão, com redução na função dos macrófagos, que envolvem a ação de algumas citocinas, de fatores quimiotáticos de neutrófilos e de alguns mediadores como IL-8 (LERONDELLE, RICHARD, ISSARTIAL, 1992; SANCHEZ et al., 2001).

Uma avaliação semelhante pode ser realizada com relação as características dos grupos “controle” e “mastite”. Foi observado que no grupo “controle” havia menor porcentagem de metades mamárias positivas para o vírus da CAE (32,2%, 63/196) quando comparado ao grupo “mastite” (56,7%, 17/30). Tal fato pode ter influenciado também nos resultados da CCS nos grupos, além da presença de agentes patogênicos no leite. Sabe-se que a interpretação do valor da CCS é prejudicada em presença do vírus, considerando-se haver menor especificidade do teste diagnóstico. Entretanto, nesta pesquisa houve uma maior CCS nos animais pertencentes ao grupo “mastite” pela presença da infecção intramamária e pela maior frequência de CAE positivos que geram uma elevação na contagem de células pela ativação de enzimas inflamatórias, como a N-acetil-beta-glucosaminidase (RYAN, GREENWOOD, NICHOLLS, 1993).

Ainda, quanto a classificação dos grupos experimentais, não se observou diferença estatística em relação a produção leiteira. Esses resultados diferem daquele exposto na literatura consultada (BAUDRY et al., 1997; CONTRERAS et al., 2003). Uma possível justificativa é que os *Staphylococcus* coagulase negativo (SCN), os patógenos predominantes nas infecções intramamárias em caprinos deste estudo, levam à alterações na produção leiteira de forma diferente do *S. aureus*, o qual promove importante diminuição da produção leiteira. Há uma variação quanto à espécie de SCN e essa ação na produção, como o *S. xylosus* que leva a diminuição da produção leiteira semelhante àquela determinada pelo *S. aureus*, enquanto o *S. caprae* que apresenta uma correlação positiva com a produção de leite (KOOP et al., 2012). Outra possível justificativa é que para verificar os impactos da IIM na produção leiteira seria

necessário a avaliação da produção de um animal em mais de uma lactação (KOOP et al., 2012), e o presente estudo não apresentou delineamento experimental para esta avaliação.

Na comparação demonstrada na Figura 6, duas FGA selecionadas foram observadas TSU mais elevadas na FGA “Tmed elipse” em relação a FGA “Tmed círculo ápice”. Provavelmente isso ocorreu, pois, a FGA “elipse” compreende tanto a região que engloba a FGA “círculo ápice” como aquela mais próxima ao teto, em que há menor densidade de pelos na maioria das cabras e, portanto, apresentando-se com maior temperatura superficial.

Na comparação dos grupos experimentais (Figura 6) observou-se, em cada FGA selecionada, comportamento e valores de temperatura similares dos grupos experimentais na comparação de resultados de todos os patógenos e daqueles estafilococos não aureus. Isso demonstra que mesmo caracterizando o grupo “mastite” nos principais patógenos isolados (estafilococos não aureus) não houve diferença nos resultados das TSU. Pode afirmar-se que apesar da suposição de que os processos inflamatórios causados pelo *S. aureus* são mais acentuados mesmo na mastite inaparente, não foi observado influência desse agente na avaliação de todos os patógenos, possivelmente por haver poucas metades mamárias com o isolamento dessa espécie do patógeno.

Ainda sobre a avaliação do *S. aureus*, realizou-se uma avaliação qualitativa dos termogramas (Figura 7) na qual se observou uma variação difusa na cor da superfície do úbere das metades mamárias infectadas quando comparada com a outra metade contralateral sem IIM. No entanto, essa variação ocorreu apenas em parte das metades mamárias (2/4) e com ausência de relação com a CCS, que seria um possível indicador de processo inflamatório da glândula mamária. Houve, todavia, uma maior correlação da CCS com a presença de CAE. Essas análises foram apenas observacionais, pois havia apenas um número reduzido de animais, somados a avaliação conjunta com as variáveis explanatórias que influenciam a TSU das cabras. Portanto é necessário realizar-se estudos adicionais para verificar as possibilidades de análise qualitativa dos termogramas da glândula mamária em cabras.

Na avaliação da TSU não foi observada, em nenhuma das FGAs selecionadas, uma diferença estatística significativa (valor- $P < 0,05$) entre os grupos “controle” e “mastite”, mesmo após a segunda abordagem de avaliação apenas considerando os estafilococos não aureus. Não há indícios de que há diferença da TSU entre os grupos experimentais, pois a diferença de temperatura entre os grupos é menor que o erro padrão estimado. Além disso, foi utilizado um número amostral satisfatório seguindo o cálculo amostral realizado previamente.

Realizou-se uma análise estatística adicional para avaliar os grupos experimentais do estudo “caso x controle” de acordo com a estratificação em relação ao diagnóstico da CAE

(Quadro 6). A justificativa foi que durante a avaliação foi evidenciada uma possível falha por conta da diferença na distribuição dos grupos experimentais quanto à CAE, que já havia sido identificada como uma variável explanatória que influencia diretamente a TSU. Isto é, observou-se que a distribuição dos grupos experimentais não era homogênea com relação ao sorodiagnóstico da CAE (Tabela 7), o que poderia alterar o resultado final do estudo. Entretanto, os resultados dessa análise evidenciaram que não houve diferença da TSU entre os grupos experimentais mesmo com a estratificação considerando resultado do diagnóstico da CAE. Com essa análise conclui-se que a distribuição não homogênea dos grupos em relação a variável CAE não influenciou o resultado final e configurando-se novamente a ausência de diferença estatística significativa entre as TSU dos grupos experimentais. Ao comparar apenas os valores brutos da TSU, dentro de uma mesma FGA e subgrupo “mastite”, observa-se um maior valor da TSU dos animais CAE positivos comparados aos negativos, corroborando com o observado no estudo “padronização da TIV” e verificando-se que independente da presença de infecção intramamária há uma tendência da temperatura superficial da região ser maior nos CAE positivos do que nos negativos.

Apesar desse resultado da estratificação de CAE, ao observar-se os valores brutos dessa análise é possível evidenciar que nos animais CAE negativos, a TSU do grupo “mastite” é maior que o do grupo “controle” na avaliação da FGA “Tmed círculo ápice”. Entretanto ao compararmos os grupos na avaliação da FGA “Tmed elipse” dos CAE negativos há uma inversão dos resultados. Tal evidência pode sugerir que há um aumento da temperatura na região do “círculo ápice” por uma predileção da localização do agente etiológico nessa região, levando à um desvio do fluxo sanguíneo para essa área de ápice que poderia gerar uma diminuição do fluxo sanguíneo para as demais regiões e consequentemente diminuição da temperatura. Esse possível fato, justificaria a diminuição da TSU na FGA “elipse” que contempla as temperaturas das regiões “círculo ápice”, “círculo médio” e “círculo base” da superfície mamária. Entretanto, ao observarmos os valores brutos dos animais CAE positivos não é verificada uma diferença do comportamento dos resultados quanto à FGA selecionada. Uma possível justificativa é a existência de uma alteração no padrão do processo inflamatório e infeccioso em animais CAE positivos, visto que já foi constatado em estudos anteriores, que cabras soropositivas apresentam um aumento da CCS mesmo em ausência de um processo infeccioso, e além de possuírem uma alteração no sistema imune da glândula mamária.

Ainda sobre a análise da estratificação de CAE, considerando apenas os valores brutos de TSU dos grupos experimentais positivos para CAE, revela-se que há um maior TSU do grupo “mastite” em comparação aquele do grupo “controle” na avaliação apenas das metades

mamárias infectadas por estafilococos não aureus. Já na avaliação das metades mamárias infectadas independente do patógeno, há uma inversão do resultado, isto é, a TSU do grupo “controle” é maior em comparação ao grupo “mastite”. Sabe-se que o vírus da CAE afeta o sistema imune da glândula mamária, pois causa uma imunossupressão seletiva com alterações da função dos macrófagos (JUTILA et al., 1987) e aumenta a susceptibilidade aos estafilococos coagulase negativos (SMITH, CUTLIP 1988; RYAN, GREENWOOD, NICHOLLS, 1993). Apesar dessas evidências, os resultados devem ser futuramente investigados em novas pesquisas, as quais devem ser delineadas para observar a TSU em animais positivos para CAE e para diferentes patógenos intramamários associados, visto que essas tendências advêm da observação dos valores brutos e que não houve diferença estatística significativa entre as TSU dos grupos experimentais.

No presente estudo, a termografia infravermelha não identificou as metades mamárias de cabras com infecção intramamária por meio da diferença de temperatura superficial comparada com as metades mamárias sem infecção. Uma possível justificativa é a evidência de que os *Staphylococcus* coagulase negativos (maioria dos patógenos isolados no estudo) têm como uma marcante característica possuírem uma fraca capacidade invasiva (SUPRÉ et al., 2011) e colonizarem a glândula mamária em regiões mais internas (alvéolos e ductos). Portanto, a identificação das alterações inflamatórias nessa profundidade não seria possível, visto que o equipamento termográfico detecta apenas radiações infravermelhas emitidas da superfície de objetos. Ainda, pode haver um desvio do fluxo sanguíneo para essas regiões mais profundas (HAVERI et al., 2005; BORTOLAMI et al., 2015) e consequentemente ocorrer uma diminuição da temperatura superficial local.

Outra possível justificativa para a ausência de diferença da TSU de animais com e sem IIM é de que os processos infecciosos encontrados poderiam estar em fase de reparação tecidual ou promovendo processos inflamatórios mais discretos, o que levaria a uma diminuição na funcionalidade e fluxo sanguíneo da glândula afetada (McGAVIN et al., 2007). Esses processos podem ocorrer por estágios mais crônicos da mastite ou por infecções persistentes (KOOP et al., 2012), havendo variação conforme o agente etiológico envolvido (BENITES et al., 2002; BORTOLAMI et al., 2015).

Houveram algumas limitações nessa pesquisa como por exemplo a diminuição do número amostral a medida que foram reconhecidas as variáveis explanatórias. Além do que, no transcorrer da análise dos dados evidenciou-se a necessidade de quantificação do processo inflamatório da glândula mamária que poderia agregar informações para fundamentar alguns dos resultados. Esses fatores demonstram a necessidade em realizar novas pesquisas para

investigar algumas evidências obtidas nesse estudo, como a influência da CAE na temperatura da glândula mamária, que poderia redefinir alguns resultados da termografia infravermelha no diagnóstico das infecções intramamárias e poderia configurar a possibilidade do uso da técnica como auxiliar para o diagnóstico da CAE.

6 CONCLUSÕES

Com a análise dos resultados obtidos nessa pesquisa foi possível concluir-se que:

- As figuras geométricas de análise que obtiveram a mais adequada temperatura superficial do úbere das cabras foram a “elipse” e “círculo ápice”, utilizando-se a temperatura média da região delimitada;
- As variáveis explanatórias que influenciam a temperatura superficial do úbere considerando as figuras geométricas de análise selecionadas foram a fase de lactação, temperatura retal, sorodiagnóstico para o vírus da artrite-encefalite caprina e presença de pelos no úbere, sendo essa última por interação com o diagnóstico de CAE;
- A termografia infravermelha não foi capaz de verificar uma diferença da temperatura superficial do úbere em metade mamárias sem e com infecções intramamárias.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBENZIO, M.; TAIBI, L.; MUSCIO, A.; SEVI, A. Prevalence and etiology of subclinical mastitis in intensively managed flocks and related changes in the yield and quality of ewe milk, **Small Ruminant Research**, v. 43, p. 219–226, 2002.

ALMEIDA, J.F. **Agentes infecciosos causadores de mastite e parâmetros físico-químicos na qualidade do leite de cabra *in natura***. 2009. 106f. Tese (Doutorado em Higiene Veterinária e Processamento Tecnológico de Produtos de Origem Animal) - Faculdade de Veterinária, Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, RJ. 2009.

ALSAAOD, M.; SYRING, C.; DIETRICH, J.; DOHERR, M. G.; GUJAN, T.; STEINER, A. A. A field trial of infrared thermography as a non-invasive diagnostic tool for early detection of digital dermatitis in dairy cows. **The Veterinary Journal**, v. 199, n. 2, p. 281-285, 2014.

AMEH, J. A.; TARI, I. S. Observations on the prevalence of caprine mastitis in relation to predisposing factors in Maiduguri. **Small Ruminant Research**, v. 35, p. 1–5, 1999.

ANDERSON, D. E.; HULL, B. H.; PUGH, D. G. 2004. Enfermidades da glândula mamária. In: PUGH, D. G. (Eds), **Clínica de Ovinos e Caprinos**. Roca: São Paulo, 2004, p.379-399.

ARAKI, C. T.; NAKAMURA, R. M.; KAM, L. W. G.; CLARKE, N. Effect of lactation on diurnal temperature patterns of dairy cattle in hot environments. **Journal of dairy science**, v. 67, n. 8, p. 1752-1760, 1984.

ARPACI, V. S.; SELAMET, A.; KAO, S. “**Introduction to Heat Transfer**”, Prentice Hall, 2000.

BARCELLOS, T.F.S.; SILVA, N.; MARQUES JÚNIOR, A.P. Mastite caprina em rebanhos próximos a Belo Horizonte – Minas Gerais. I – Etiologia e sensibilidade a antibióticos. II – Métodos de diagnóstico. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 39, p. 307-315, 1987.

BARREIRA, E.S.B.M. “**Aplicação da Termografia ao Estudo do Comportamento Higrotérmico dos Edifícios**”, Dissertação (Mestrado em Construção de Edifícios) - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, março 2004.

BARROS, G.C.; LEITÃO, C.H. Influência da mastite sobre as características físico-químicas do leite de cabra. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 12, p. 45-48, 1992.

BAUDRY, C.; DECRE´MOUX, R.; CHARTIER, C.; PERRIN, G. Impact of mammary gland inflammation on milk yield and composition in goats. *Veterinary Research*, v. 28, p. 277–286, 1997.

BARTH, K. Basic investigations to evaluate a highly sensitive infrared-thermograph technique to detect udder inflammation in cows. *Milchwissenschaft*, v. 55, n. 11, p. 607-609, 2000.

BENITES, N. R.; GUERRA, J. L.; MELVILLE, P. A.; DA COSTA, E. O. Aetiology and histopathology of bovine mastitis of spontaneous occurrence. *Zoonoses and Public Health*, v. 49, n. 8, p. 366-370, 2002.

BERGONIER, D.; BERTHELOT, X. New advances in Epizootiology and control of ewe mastitis, *Livestock Production Science*, v. 79, p. 1–16, 2003.

BERGONIER, D.; CRÉMOUX, R.; RUPP, R.; LAGRIFFOUL, G.; BERTHELOT, X. Mastitis of dairy small ruminants. *Veterinary Research*, v. 34, p. 689-716, 2003.

BERRY, R. J.; KENNEDY, A. D.; SCOTT, S. L.; KYLE, B. L.; SCHAEFER, A. L. Daily variation in the udder surface temperature of dairy cows measured by infrared thermography: Potential for mastitis detection. *Canadian journal of animal science*, v. 83, n. 4, p. 687-693, 2003.

BIRGEL, E.H. **Semiologia da glândula mamária de ruminantes**. In: Feitosa, F.L. *Semiologia veterinária: a arte do diagnostic*. 3ed. São Paulo, Roca, p. 314-330, 2014.

BORTOLAMI, A.; FIORE, E.; GIANESELLA, M.; CORRO, M.; CATANIA, S.; MORGANTE, M. Evaluation of the udder health status in subclinical mastitis affected dairy cows through bacteriological culture, somatic cell count and thermographic imaging. *Polish journal of veterinary sciences*, v. 18, n. 4, p. 799-805, 2015.

BRITO, M.A.P.; BRITO, J. R. F.; DE SOUZA, H. M.; VARGAS, O. L. Avaliação da sensibilidade da cultura de leite de tanque para isolamento de agentes contagiosos da mamite bovina. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, v. 18, n. 1, p. 39 - 44, 1998.

BUELOW, K. L.; GOODGER, W. J.; COLLINS, M. T.; CLAYTON, M. K.; NORDLUND, K. V.; THOMAS, C. B. A model to determine sampling strategies and milk inoculum volume for detection of intramammary *Staphylococcus aureus* infections in dairy cattle by bacteriological culture. *Preventive Veterinary Medicine*, v. 25, p. 343–355, 1996.

BURRIEL, A.R., Isolation of coagulase-negative staphylococci from the milk and environment of sheep, **Journal Dairy Research**, v. 65, p. 139–142, 1998.

CASTRO-COSTA, A.; CAJA, G.; SALAMA, A. A. K.; ROVAI, M.; FLORES, C.; AGUILÓ, J. Thermographic variation of the udder of dairy ewes in early lactation and following an *Escherichia coli* endotoxin intramammary challenge in late lactation. **Journal of dairy science**, v. 97, n. 3, p. 1377-1387, 2014.

CENA, K.; MONTEITH, J.L. Transfer processes in animal coats. II. Convection and conduction. **Procedure Royal Society**, v.188, p.395-411, 1975a.

CENA, K.; MONTEITH, J.L. Transfer processes in animal coats. III. Water vapor diffusion. **Procedure Royal Society**, v.188, p.413-423, 1975b.

COLAK, A.; POLAT, B.; OKUMUS, Z.; KAYA, M.; YANMAZ, L. E.; HAYIRLI, A. Short communication: early detection of mastitis using infrared thermography in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 91, n. 11, p. 4244-4248, 2008.

CONTRERAS, A.; LUENGO, C.; SANCHEZ, A.; CORRALES, J. C. The role of intramammary pathogens in dairy goats. **Livestock Production Science**, v. 79, n. 2, p. 273-283, 2003.

CONTRERAS, A.; PAAPE, M. J.; MILLER, R. H. Prevalence of subclinical intramammary infection caused by *Staphylococcus epidermidis* in a commercial dairy goat herd, **Small Ruminant Research**, v. 31, p. 203–208, 1999.

CONTRERAS, A.; SIERRA, D.; SÁNCHEZ, A.; CORRALES, J. C.; MARCO, J. C.; PAAPE, M. J.; GONZALO, C. Mastitis in small ruminants. **Small Ruminant Research**, v. 68, p. 145-153, 2007.

CORREA, C.M.; MICHAELSEN, R.; RIBEIRO, M.E.R.; PINTO, A.T.; ZANELA, M.B.; SCHMIDT, V. Composição do leite e diagnóstico de mastite em caprinos. **Acta Scientiae Veterinariae**. v. 38, n. 3, p. 273-278, 2010.

CRAVEIRO, M.A.C. **Desenvolvimento de um Sistema para Avaliação dos Fatores de Influência sobre Análises Termográficas em Subestações Desabrigadas**. 2008. Dissertação (Mestre em Ciências em Engenharia da Elétrica) - Engenharia de Automação, Universidade Federal de Itajubá, 2008.

CREMOUX, R.; MENARD, J. L. Influence des infections mammaires sur la quantite de lait et les taux. **Reussir - La Chevre**, França, n. 213, p. 32 - 34, 1996.

CRIVELLARO, R.S.; JÚNIOR, W.T. **Infravermelho na ciência forense**. Instituto Geral de Perícias, Departamento de Criminalística. 2007.

DA SILVA, E. R.; ALVES, F. S. F.; PINHEIRO, R. R.; SAUKAS, T. N.; PIRES, P. C.; DA SILVA, F. M. P. Flora microbiológica do leite de cabras de diferentes sistemas de produção. Congresso Brasileiro de Medicina Veterinária, 24. 1996. **Anais ... Goiânia, GO, Sociedade Goiana de Veterinária**. p. 205, 1996a.

DA SILVA, E. R.; SAUKAS, T. N.; ALVES, F. S. F.; PINHEIRO, R. R. Contagem de células somáticas e California Mastitis Test no diagnóstico da mastite caprina subclínica. **Revista Brasileira de Medicina Veterinária**, v. 18, p.78-83, 1996b.

DA SILVA, E. R.; SIQUEIRA, A. P.; MARTINS, J. C. D.; FERREIRA, W. P. B.; DA SILVA, N. Identification and in vitro antimicrobial susceptibility of Staphylococcus species isolated from goat mastitis in the Northeast of Brazil. **Small Ruminant Research**, v. 55, n. 1, p. 45-49, 2004.

DOHOO, I.; ANDERSEN, S.; DINGWELL, R.; HAND, K.; KELTON, D.; LESLIE, K.; SCHUKKEN, Y.; GODDENLL, S. Diagnosing intramammary infections: Comparison of multiple versus single quarter milk samples for identification of intramammary infections in lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.94, p.5515-5522, 2011.

DOĞRUER, G.; SARIBAY, M. K.; ASLANTAŞ, Ö.; KİREÇÇİ, E.; ERGÜN, Y.; Alev, Ü. L. K. Ü.; DEMİR, C. The Prevalance, Etiology and Antimicrobial Susceptibility of the Microorganisms in Subclinical Mastitis in Goats. **Atatürk Üniversitesi Veteriner Bilimleri Dergisi**, v. 11, n. 2, 2016.

DULIN, A. M.; PAAPE, M. J.; SCHULTZE, W. D.; WEINLAND, B. T. Effect of parity, stage of lactation, and intramammary infection on concentration of somatic cells and cytoplasmic particles in goat milk. **Journal Dairy Science**, v. 66, p. 2426-2433, 1983.

EAST, N. E.; BIRNIE, E.F.; FARVER, T. B. Risk factors associated with mastitis in dairy goats. **American journal of veterinary research**, v. 48, n. 5, p. 776-779, 1987.

EDDY, A. L.; VAN HOOOGMOED, L. M.; SNYDER, J. R. The role of thermography in the management of equine lameness. **The Veterinary Journal**, v. 162, n. 3, p. 172-181, 2001.

EPRI, “**Infrared Thermography Field Application Guide**”, Palo Alto, CA: 1999, Report TR-107142.

ERSKINE, R. J.; R. J. EBERHART. Comparison of duplicate and single quarter milk samples for the identification of intramammary infections. **Journal of Dairy Science**, v. 71, p. 854–856, 1988.

FAHR, R.D.; SCHULZ, J.; FINN, G.; VON LENGERKEN, G.; WALTHER, R. Cell count and differential cell count in goat milk – Variability and influencing factors, **Tierarztl. Prax. Ausg. G Grosstiere Nutztiere**, v. 27, p. 99–106, 1999.

FOX, L. K.; HANCOCK, D. D.; HORNER, S. D. Selective intramammary antibiotic therapy during the nonlactating period in goats. **Small Ruminant Research**, v.9, p. 313-318, 1992.

GEBREMEDHIN, K.G; PORTER, W.P.; CRAMER, C.O. Quantitative analysis of the heat exchange through the fur layer of Hostein calves. **Transactions of the ASAE**, p.188- 193, 1983.

GIPSON, T. A.; GROSSMAN, M. Lactation curves in dairy goats: a review. **Small Ruminant Research**, v. 3, n. 4, p. 383-396, 1990.

GYLES, C. S.; PRESCOTT, J. F.; SONGER, J. G.; THOEN, C. O. **Pathogenesis of bacterial infections in animals**. IOWA: Blackwell, 456p., 2004.

HAENLEIN, G. F. W. Relationship of somatic cell counts in goat milk to mastitis and productivity, **Small Ruminant Research**, v. 45, p. 163– 178, 2002.

HAVERI, M.; TAPONEN, S.; VUOPIO-VARKILA, J.; SALMENLINNA, S.; PYORALA, S. Bacterial genotype affects the manifestation and persistence of bovine *Staphylococcus aureus* intramammary infection. **Journal of clinical microbiology**, v. 43, n. 2, p. 959-961, 2005.

HILLERTON, J.E. Redefining mastitis based on somatic cell count. **International Dairy Federation** v. 345, p. 4-6, 1999.

HOLST, G. C., **Common sense approach to thermal imaging**, JCD Publishing and SPIE – The International Society for Optical Engineering, 2000.

HOVINEN, M.; SIIVONEN, J.; TAPONEN, S.; HÄNNINEN, L.; PASTELL, M.; AISLA, A. M.; PYÖRÄLÄ, S. Detection of clinical mastitis with the help of a thermal camera. **Journal of Dairy Science**, v. 91, n. 12, p. 4592-4598, 2008.

HRISTOV, K.; POPOVA, T.; PEPOVICH, R.; NIKOLOV, B. Characterization of Microbial Causative Agents of Subclinical Mastitis in Goats in Bulgaria. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, v. 5, n. 8, p. 316-323, 2016.

HURNIK, J. F.; DEBOER, S.; WEBSTER, A. B. Detection of health disorders in dairy cattle utilizing a thermal infrared scanning technique. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 64, n. 4, p. 1071-1073, 1984.

IDF- International Dairy Federation. Enumeration of Somatic Cells, FIL-IDF Standard no. 148A. **International Dairy Federation**, Brussels, Belgium, 8 pp, 1995.

INCROPERA, F. P.; DEWITT, D. P.; BERGMAN, T. L.; LAVINE, A. S. “**Fundamentals of Heat and Mass Transfer**“, 6ed, Wiley, October, 2006.

IRANO, N.; BIGNARDI, A. B.; REY, F. S.; TEIXEIRA, I. A.; ALBUQUERQUE, L. G. Parâmetros genéticos para a produção de leite em caprinos das raças Saanen e Alpina. **Revista Científica Agronômica**, v.43, n.2, p. 376-381, 2012.

ITEAG, “**Termografia: Teoria, Procedimentos e Vantagens**”, Portugal, março 2010.

JUTILA, M. A. Altered macrophage function and the pathogenesis of caprine arthritis-encephalitis. **Dissertation Abstracts International B**, v. 48, n. 92 p. 311, 1987.

KALOGRIDOU-VASSILLIADOU, D.; MANOLKIDIS, K.; TSIGOIDA, A. Somatic cell counts in relation to infection status of the goat udder. **Journal of Dairy Research**, v. 59, p. 18-21, 1992.

KERSLAKE, D.McK. **The stress of hot environments**. Cambridge: Cambridge University Press, 1972. 316p.

KNÍZKOVÁ, I.; KUNC, P.; GÜRDİL, G.A.K.; PINAR, Y.; SELVİ, K.Ç. Applications of infrared thermography in animal production. **Journal of the Faculty of Agriculture**, v. 22, n. 3, p. 329–336, 2007.

KOOP, G.; DE VliegHER, S.; DE VISSCHER, A.; SUPRÉ, K.; HAESSEBROUCK, F.; NIELEN, M.; VAN WERVEN, T. Differences between coagulase-negative *Staphylococcus* species in persistence and in effect on somatic cell count and milk yield in dairy goats. **Journal of dairy science**, v. 95, n. 9, p. 5075-5084, 2012.

KOOP, G.; VAN WERVEN, T.; TOFT, N.; NIELEN, M.;. Estimating test characteristics of somatic cell count to detect *Staphylococcus aureus*-infected dairy goats using latent class analysis. **Journal of dairy science**, v. 94, n. 6, p. 2902, 2911, 2011.

KUNC, P.; KNÍZKOVÁ, I.; PRIKRYL, M.; MALOUN, J. Infrared thermography as a tool to study the milking process: a review. **Agricultura tropica et subtropica**, v. 40, n. 1, p. 29-32, 2007.

LAM, T. J. G. M.; VAN WUIJCKHUISE, L. A.; FRANKEN, P.; MORSELT, M. L.; HARTMAN, E. G.; SCHUKKEN, Y. H. Use of composite milk samples for diagnosis of *Staphylococcus aureus* mastitis in dairy cattle. **Journal of the American Veterinary Medical Association**, v. 208, p. 1705–1708, 1996.

LERONDELLE, C.; RICHARD, Y.; ISSARTIAL, J. Factors affecting somatic cell counts in goat milk, **Small Ruminant Research**, v. 8, p. 129–139, 1992.

LIGEIRO, E. C.; MAIA, A. S. C.; DA SILVA, R. G.; LOUREIRO, C. M. B. Perda do calor por evaporação cutânea associada as características morfológicas do pelame de cabras leiteiras criadas em ambiente tropical. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 2, p. 544-549, 2006.

JONES, B. F.; PLASSMANN, P. Digital infrared thermal imaging of human skin. **IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine**, v. 21, n. 6, p. 41-48, 2002.

LANGONI, H.; DOMINGUES, P.F.; BALDINI, S. Mastite caprina: seus agentes e sensibilidade frente a antimicrobianos. **Revista Brasileira de Ciência Veterinária**, v. 13, n. 1, p. 51-54, jan/abr, 2006.

LERONDELLE, C.; POUTREL B. Characteristics of non-clinical mammary infections of goats, **Annales De Recherches Veterinaires**, v.15, p. 105–112, 1984.

LERONDELLE, C.; RICHARD, Y.; ISSARTIAL, J. Factors affecting somatic cell counts in goat milk, **Small Ruminant Research**, v. 8, n. 1-2, p. 129-139, 1992.

LIMA JUNIOR, A. D.; VIANNI, M. C. E. Correlação entre o California Mastitis Test, a contagem global de células somáticas e o exame bacteriológico do leite de cabras. **Revista Universidade Rural: Série Ciência da Vida**, v.17, n.1, p. 7-13, 1995.

LUZI, F., MITCHELL, M., NANNI COSTA, L., REDAELLI, V., 2013. **Thermography: current status and advances in livestock animals and in veterinary medicine**. Fondazione Iniziative Zooprofilattiche e zootecniche. Brescia, Italia, 216p, 2013.

MANLONGAT, N.; YANG, T. J.; HINCKLEY, L. S.; BENDEL, R. B.; KRIDER, H. M. Physiologic chemoattractant induced migration of polymorphonuclear leukocytes in milk. **Clinical and Diagnostic Laboratory Immunology**, v. 5, p. 375–381, 1998.

MARTINS, R. F. S.; DO PRADO PAIM, T.; DE ABREU CARDOSO, C.; DALLAGO, B. S. L.; DE MELO, C. B.; LOUVANDINI, H.; MCMANUS, C. Mastitis detection in sheep by infrared thermography. **Research in veterinary science**, v. 94, n. 3, p. 722-724, 2013.

MAZIEIRO, R. R. D.; MARTIN, I.; MATTOS, M. C. C.; FERREIRA, J. C. P. Plasma concentration of progesterone and cortisol in Nelore cows (*Bos taurus indicus*) submitted to daily or weekly handling. **Veterinária e Zootecnia**, v. 19, n. 3, p. 366–372, 2012.

MCGAVIN, M. D.; ZACHARY, J. F. **Pathologic basis of veterinary disease**, 4th ed., Elsevier Mosby, St. Louis, 2007.

MCDUGALL, S.; MALCOLM, D.; PROSSER, C.G. Prevalence and incidence of intramammary infections in lactating dairy goats, **New Zealand Veterinary Journal**, v. 62, n.3, p. 136-145, 2014.

McDOUGALL, S.; VOERMANS M. Influence of estrus on somatic cell count in dairy goats, **Journal of Dairy Science**, v. 85, p. 378–383, 2002.

MCMANUS, C.; TANURE, C. B.; PERIPOLLI, V.; SEIXAS, L.; FISCHER, V.; GABBI, A. M.; MENEGASSI, S. R. O.; STUMPF, M. T.; KOLLING, G. J.; DIAS, E.; COSTA JR, J. B. G. Infrared thermography in animal production: an overview. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 123, p. 10-16, 2016.

MEIRELES, I.R.; GOTTSCHALK, S.; DA SILVA, A.V.; CABRAL, K.G.; LANGONI, H. Monitoramento microbiológico e avaliação de provas diagnósticas na mastite caprina. **Revista Napgama**, v. 6, p. 17-19, 1999.

METZNER, M.; SAUTER –LOUIS, C.; SEEMUELLER, A.; PETZI, W.; KLEE, W. Infrared thermography of the udder surface of dairy cattle: characteristics, methods, and correlation with rectal temperature. **The Veterinary Journal**, v. 199, n. 1, p. 57-62, 2014.

MINKINA, W.; DUDZIK, S. **Infrared Thermography: Errors and Uncertainties**, John Wiley & Sons, 2009.

MONTALDO, H., ALMANZA, A., JUÁREZ, A. Genetic group, age and season effects on lactation curve shape in goats. **Small Ruminant Research**, v. 24, n. 3, p. 195-202, 1997.

MONTANHOLI, Y. R., NICHOLAS, E. O., KENDALL, C. S., SCHENKEL, F. S., MCBRIDE, B. W., MILLER, S. P. Application of infrared thermography as an indicator of heat and methane production and its use in the study of skin temperature in response to physiological events in dairy cattle (*Bos taurus*). **Journal of thermal biology**, v. 33 n. 8, p. 468–475, 2008.

MOTA R. A.; DE CASTRO, F. J. C.; DA SILVA, L. B. G.; OLIVEIRA, A. A. F. Etiologia e sensibilidade a antimicrobianos in vitro das bactérias isoladas do leite de cabras com mastite procedentes da Região Metropolitana do Recife, Pernambuco, Brasil. **Hora Veterinária**, v. 19, n. 114, p. 26-29, 2000.

MOTA, R.A. Aspectos epidemiológicos, diagnóstico e controle das mastites em caprinos e ovinos. **Revista Tecnologia de Ciência Agropecuária**, v. 2, n. 3, p. 57-61, 2008.

MURICY R.F. **Ocorrência de mamite subclínica em caprinos e qualidade higiênico-sanitária do leite produzidos em propriedades associadas à Cooperativa Languiru, Teutônia, RS**. 2003. 83f. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias), Faculdade de Veterinária, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

NÄÄS, I.A.; GARCIA, R.G.; CALDARA, F.R. Infrared thermal image for assessing animal health and welfare. **Journal of Animal Behaviour and Biometeorology**, v. 2, n. 3, p. 66–72, 2014.

NIKKHAH, A.; PLAIZIER, J. C.; EINARSON, M. S.; BERRY, R. J.; SCOTT, S. L.; KENNEDY, A. D. Infrared thermography and visual examination of hooves of dairy cows in two stages of lactation. **Journal of dairy science**, v. 88, n. 8, p. 2749-2753, 2005.

NMC – NATIONAL MASTITIS COUNCIL. Microbiological Procedures for the Diagnosis of Bovine Udder Infection and Determination of Milk Quality. **NMC publication**, 2004.

OLIVEIRA, T. M. D. **Análise de Sistemas de Energia e Máquinas Elétricas com recurso a termografia**. 2012. Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores Major Energia) - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2012.

PAAPE, M. J.; CAPUCO, A. V. Cellular defense mechanisms in the udder and lactation of goats. **Journal of Animal Science**, v. 75, p. 556–565, 1997.

PAAPE, M. J.; CAPUCO, A. V.; CONTRERAS, A.; MARCO, J. C. Milk somatic cells and lactation in small ruminants, **Journal of Dairy Science**, v. 84, p. 237–244, 2001.

PAIM, T. P.; BORGES, B. O.; LIMA, P. M. T.; DALLAGO, B. S. L. LOUVANDINI, H.; MC MANUS C. Relation between thermographic temperatures of lambs and thermal comfort indices. **International Journal of Applied Animal Science**, v. 1, n. 4, p. 108–115, 2012.

PAMPARIENE, I.; VEIKUTIS, V.; OBERAUSKAS, V.; ZYMANTIENE, J.; ZELVYTE, R.; STANKEVICIUS, A.; MARCIULIONYTE, D.; PALEVICIUS, P. Thermography based inflammation monitoring of udder state in dairy cows: sensitivity and diagnostic priorities comparing with routine California mastitis test. **Journal of Vibroengineering**, v. 18, n. 1, p. 511-521, 2016.

PEIXOTO, R.M.; MOTA, R.A.; COSTA, M.M. Mastite em pequenos ruminantes no Brasil. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 30, n. 9, p. 754-762, 2010.

PENGOV A., The role of coagulase-negative *Staphylococcus* spp. and associated somatic cell counts in the ovine mammary gland. **Journal of Dairy Science**, v. 84, p. 572–574, 2001.

PERRIN, G. E.; MALLEREAU, M. P.; LENFANT, D.; BAUDRY, D. Relationship between California Mastitis Test (CMT) and somatic cell counts in dairy goats. **Small Ruminant Research**, v. 26, p. 167-170, 1997.

PEZESHKI, A.; STORDEUR, P.; WALLEMACQ, H.; SCHYNTS, F.; STEVENS, M.; BOUTET, P.; PEELMAN, L. J.; DE SPIEGELEER, B.; DUCHATEAU, L.; BUREAU, F.; BURVENICH, C. Variation of inflammatory dynamics and mediators in primiparous cows after intramammary challenge with *Escherichia coli*. **Veterinary research**, v. 42, n. 1, p. 15, 2011.

PHILPOT, W. N.; NICKERSON, S. C. **Mastitis: counter attack**. Naperville: Bobson Bros, 1991, 150p.

POLAT, B.; COLAK, A.; CENGİZ, M.; YANMAZ, L.E.; ORAL, H.; BASTAN, A.; KAYA, S.; HAYIRLI, A. Sensitivity and specificity of infrared thermography in detection of subclinical mastitis in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 93, n. 8, p. 3525-3532, 2010.

POUTREL, B.; CREMOUX, R. Efficacy of antibiotic treatment at drying-off for udder infections in goats, In: **Proceedings of the Third IDF International Mastitis Seminar**, Tel-Aviv, Israel, 28 May–1 June, 1995, 2, s-5, p. 91–92.

POUTREL, B.; CRÉMOUX, R.; DUCCELLIEZ, M.; VERNEAU, D. Control of intramammary infections in goats: impact on somatic cell counts. **Journal of Animal Science**, v. 75, p. 566-570, 1997.

RAINARD, P. The complement in milk and defense of the bovine mammary gland against infection, **Veterinary Research**, v. 34, p. 647–670, 2003.

RAINWATER-LOVETT, K.; PACHECO, J. M.; PACKER, C.; RODRIGUEZ, L. L. Detection of foot-and-mouth disease virus infected cattle using infrared thermography. **The Veterinary Journal**, v. 180, n. 3, p. 317-324, 2009.

RIBEIRO, M. G.; MEGID, J.; MEIRA, D. R. Mastite caprina: Estudo microbiológico, físico-químico e do diagnóstico através de provas indiretas. **Revista O Biológico**, v.61, n.1, p.27-33, 1999.

ROBERTO, J. V. B.; SOUZA, B. B.; DELFINO, L. J. B.; MARQUES, B. B. Thermal gradients and physiological responses of goats in the Brazilian semi-arid using thermography infrared. **Journal of Animal Behaviour and Biometeorology**, v. 2, n. 1, p. 11–19, 2014.

ROTA, A. M.; GONZALO, C.; RODRIGUEZ, P. L.; ROJAS, A.I.; MARTIN, L.; TOVAR, J. J Somatic cell types in goats milk in relation to total cell count, stage and number of lactation. **Small Ruminant Research**, v. 12, n. 1, p. 89 – 98, 1993.

RYAN, D.P.; GREENWOOD, P.L.; NICHOLLS, P.J. Effect of caprine arthritis-encephalitis virus-infection on milk cell count and N-acetyl-beta-glucosaminidase activity in dairy goats. **Journal of Dairy Research**, v. 60, p. 299-306, 1993.

RUPP, R.; BOICHARD, D.; BARBAT, A.; ASTRUC, J. M.; LAGRIFFOUL, G.; BARILLET, F. Selection for mastitis resistance in French dairy Sheep, **Proceedings of the 7th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production...** Montpellier France., 2002, p. 09-28.

RUPP, R.; BOICHARD, D. Genetics of resistance to mastitis in dairy cattle, **Veterinary Research**, v. 34, p. 671–688, 2003.

SAMARA, E. M.; AYADI, M.; ALJUMAAH, R. S. Feasibility of utilising an infrared-thermographic technique for early detection of subclinical mastitis in dairy camels (*Camelus dromedarius*). **Journal of Dairy Research**, v. 81, n. 01, p. 38-45, 2014.

SANCHEZ, A.; CONTRERAS, A.; CORRALES, J. C. Parity as a risk factor for caprine subclinical intramammary infection. **Small Ruminant Research**, v. 31, n. 3, p. 197-201, 1999.

SANCHEZ A.; CONTRERAS A.; CORRALES J. C.; MARCO J. C. Relationships between infection with caprine arthritis encephalitis virus, intramammary bacterial infection and somatic cell counts in dairy goats. **Veterinary Record**, v. 148, p. 711–714, 2001.

SANCHEZ, A.; FERNANDEZ, C.; CONTRERAS, A.; LUENGO, C.; RUBERT, J. Effect of intramammary infection by *Staphylococcus caprae* on somatic cell counts and milk composition in goats. **Journal of Dairy Research**, v. 69, p. 325–328, 2002.

SANFORD, C. J.; KEEFE, G. P.; SANCHEZ, J.; DINGWELL, R. T.; BARKEMA, H. W.; LESLIE, K. E.; DOHOO, I. R. Test characteristics from latent-class models of the California Mastitis Test. **Preventive veterinary medicine**, v. 77, n. 1-2, p. 96-108, 2006.

SANTOS, L. F. L.; CASTRO, R. S.; COSTA, E. O. *California Mastitis Test e Whiteside* modificado como critério de triagem para mastite caprina. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.30, n.2, p.291-294, 1995.

SAS INSTITUTE. **SAS/STAT User's Guide**. Version 9.3, SAS Institute Inc., Cary, NC, 2011.

SATHIYABARATHI, M.; JEYAKUMAR, S.; MANIMARAN, A.; PUSHPADASS, H. A.; SIVARAM, M.; RAMESHA, K. P.; DAS, D. N.; KATAKTALWARE, M. A.; JAYAPRAKASH, G.; PATBANDHA, T. K. Investigation of body and udder skin surface temperature differentials as an early indicator of mastitis in Holstein Friesian crossbred cows using digital infrared thermography technique, **Veterinary world**, v. 9, n. 12, p. 1386, 2016.

SCHAEFER, A. L.; TESSARO, S. V.; DEREGT, D.; DESROCHES, G.; COOK, N. G.; LEPAGE, P.; COLYN, J. J.; DUBESKI, P. L.; GODSON, D. L. Early detection of infection using infrared thermography. In: **Proceedings of the Canadian Society of Animal Science annual meeting**. Winnipeg, MB. August 2000.

SCHAEFER, A. L.; COOK, N. J.; TESSARO, S. V.; DEREGT, D.; DESROACHES, G.; DUBESKI, P.; TONG, A. K. W.; GODSON, D. L. Early detection and prediction of infection using infrared thermography. **Canadian journal of animal science**, v. 84, n. 1, p. 73-80, 2004.

SCHAEFER, A. L.; COOK, N. J.; CHURCH, J. S.; BASARAB, J.; PERRY, B.; MILLER, C.; TONG, A.K.W. The use of infrared thermography as an early indicator of bovine respiratory disease complex in calves. **Research in Veterinary Science**, v. 83, n. 3, p. 376-384, 2007.

SCHAEFER, A. L.; COOK, N. J.; BENCH, C.; CHABOT, J. B.; COLYN, J.; LIU, T.; OKINE, E. K.; STEWART, M.; WEBSTER, J. R. The non-invasive and automated detection of bovine respiratory disease onset in receiver calves using infrared thermography. **Research in Veterinary Science**, v. 93, n. 2, p. 928-935, 2012.

SCHMIDT, S.; BOWERS, S.; DICKERSON, T.; GRAVES, K.; WILLARD, S. Assessments of udder temperature gradients pre- and post-milking relative to milk production in Holstein cows as determined by digital infrared thermography. **Journal of Animal Science** v. 82, p. 460–461, 2004.

SCOTT, S. L.; SCHAEFER, A. L.; TONG, A. K. W.; LACASSE, P. Use of infrared thermography for early detection of mastitis in dairy cows. **Canadian journal of animal science**, v. 80, p. 764-765, 2000.

SEARS, P. M.; SMITH, B. S.; ENGLISH, P. B.; HERER, P. S.; GONZALEZ, R. N. Shedding pattern of *Staphylococcus aureus* from bovine intramammary infections. **Journal of Dairy Science**, v. 73, p. 2785–2789, 1990.

SERRADILLA, J. M. Use of high yielding goat breeds for milk production. **Livestock Production Science**, v. 71, n. 1, p. 59-73, 2001.

SMITH, M. C.; CUTLIP, R. Effects of infection with caprine arthritis-encephalitis virus on milk production in goats. **Journal of the American Veterinary Medical Association**, v. 193, n. 1, p. 63-67, 1988.

SMITH, M. C; SHERMAN, D. M. Cap 14: Mammary gland and Milk production. In: ____ **Goat Medicine**. 2nd edition. Wiley-Blackwell, 871p., 2010.

SOERENSEN, D.D., CLAUSEN, S., MERCER, J.B., PEDERSEN, L.J. Determining the emissivity of pig skin for accurate infrared thermography. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 109, n. C. p. 52–58, 2014.

SPEAKMEN, J. R.; WARD, S. Infrared thermography: principle and applications. **Zoology : analysis of complex systems**, v. 101, p. 224–232, 1998.

SPECMAN, “**Medição e Análise Termográfica Capítulo I, Conceitos Básicos de Termografia**”, Portugal 2010.

STEWART, M., WEBSTER, J.R., VERKERK, G.A., SCHAEFER, A.L., COLYN, J.J., STAFFORD, K.J. Non-invasive measurement of stress in dairy cows using infrared thermography. **Physiology and Behavior**. v.92, n.3, p. 520–525, 2007.

SUPRÉ, K.; DE VliegHER, S.; CLEENWERCK, I.; ENGELBEEN, K.; VAN TRAPPEN, S.; PIEPERS, S.; SAMPIMON, O.C.; ZADOKS, R.N.; DE VOS, P.; HAESBROUCK, F. *Staphylococcus devriesei* sp. nov., isolated from teat apices and milk of dairy cows. **International journal of systematic and evolutionary microbiology**, v. 60, n. 12, p. 2739–2744, 2010.

SUPRÉ, K.; HAESBROUCK, F.; ZADOKS, R. N.; VANEECHOUTTE, M.; PIEPERS, S.; DE VliegHER, S. Some coagulase-negative *Staphylococcus* species affect udder health more than others. **Journal of dairy science**, v. 94, n. 5, p. 2329–2340, 2011.

TONIN, F. B.; NADER FILHO, A. Correlação entre o “California Mastitis Test” e o exame bacteriológico no leite de cabras **Ars Veterinaria**, v. 21, Suplemento, 155–159, 2005.

TORRES, A. H.; RAJALA-SCHULTZ, P. J.; DEGRAVES, F. J. Diagnosis of intramammary infections at dry-off based on sampling strategy, epidemiology of pathogens, and agreement beyond chance. **Journal of Veterinary Diagnostic Investigation**, v. 21, p. 427–436, 2009

VALERA, M.; BARTOLOMÉ, E.; SÁNCHEZ, M. J.; MOLINA, A.; COOK, N.; SCHAEFER, A. Changes in eye temperature and estresse assessment in horses during show jumping competitions. **Journal of Equine Veterinary Science**, v. 32, n. 12, p. 827–830, 2012.

VILANOVA, M.; GONÇALVES, M.; OSÓRIO, M. T. M.; ESTEVER, R.; SCHMIDT, V. Aspectos sanitários do úbere e composição química do leite de cabras Saanen. **Acta Scientiae Veterinariae**, v. 36, n. 3, p. 235–240, 2008.

ZENG, S. S.; ESCOBAR, E. N. Effect of parity and milk production on somatic cell count, standard plate count and composition of goat milk. **Small Ruminant Research**, v. 17, p. 269–274, 1995.

WESCHENFELDER, A. V.; MALDAGUE, X.; ROCHA, L. M.; SCHAEFER, A. L.; SAUCIER, L.; FAUCITANO, L. The use of infra-red thermography for pork quality prediction. **Meat Science**. v. 96, n. 1, p. 120–125, 2014.

WHITE, E. C.; HINCKLEY, L. S., Prevalence of mastitis pathogens in goat milk, **Small Ruminant Research**, v. 33, n. 2, p. 117-121, 1999.

WILSON, D. J.; STEWART, K. N.; SEARS, P. M. Effects of stage of lactation, production, parity and season on somatic cell counts in infected and uninfected dairy goats. **Small Ruminant Research**, Amsterdam, v. 16, n. 2, p. 165-169, 1995.

WINTER, P.; COLDITZ, I.G. Immunological response of the lactating ovine udder following experimental challenge with *Staphylococcus epidermidis*, **Veterinary Immunology and Immunopathology**, v. 89, p. 57–65, 2002.

WOODING, F. B. P.; PEAKER, M.; LINZELL, J. L. Theories of the milk secretion: evidence from the electron microscopic examination of milk. **Nature**, v. 226, p. 762–764, 1970.

WOODING, F. B. P.; MORGAN, G.; CRAIG, H. “Sunbursts” and “christiesomes”: cellular fragments in normal cow and goat milk, **Cell and Tissue Research**, v. 185, p. 535–545, 1977.

YANG, C.; LI, G.; ZHANG, X.; GU, X. Udder skin surface temperature variation pre- and post- milking in dairy cows as determined by infrared thermography. **Journal of Dairy Research**, v. 85, n. 2, p. 201-203, 2018.

APÊNDICE A – FICHA INDIVIDUAL

Identificação: _____ Propriedade: _____

Raça: _____ Idade: _____ Número de partos: _____

Produção leiteira: _____ ECC: _____

Dias em Lactação: _____ Estágio () inicial - 8 a 100 dias () médio - 101 a 200 dias
() final - 201 a 300 dias

EXAME FÍSICO: Temp retal: _____ °C

Observações:

EXAME TERMOGRÁFICO:

Temp amb: _____ Umidade relativa: _____

EXAME ESPECÍFICO DA GLÂNDULA MAMÁRIA:

1. Inspeção:

• Tetos:

Direito: () NDN () Assimetria () Lesão _____ Outros: _____

Volume - () ↑ () ↓ () localizado () generalizado

Esquerdo: () NDN () Assimetria () Lesão _____ Outros: _____

Volume - () ↑ () ↓ () localizado () generalizado

• Glândula mamária:

Direita: () NDN () Assimetria () Lesão _____ Outros: _____

Volume - () ↑ () ↓ () localizado () generalizado

Esquerda: () NDN () Assimetria () Lesão _____ Outros: _____

Volume - () ↑ () ↓ () localizado () generalizado

2. Palpação:

• Tetos:

Direito: () flutuante () endurecida () sensibilidade

Esquerdo: () flutuante () endurecida () sensibilidade

• Glândula mamária:

Direita: () NDN () edema/pastosa/Godet positivo () firme () endurecida

() nódulos _____

Temperatura: () ↑ () ↓ () Sensibilidade Obs: _____

Esquerda: () NDN () edema/pastosa/Godet positivo () firme () endurecida

() nódulos _____

Temperatura: () ↑ () ↓ () Sensibilidade Obs: _____

CARACTERÍSTICAS FENOTÍPICAS DO ÚBERE

- Presença de pelos:

Glândula mamária	Teto
() 0 - ausente ou rarefeito	() 0 - ausente ou rarefeito
() 1 - média densidade	() 1 - média densidade
() 2 - alta densidade	() 2 - alta densidade

- Coloração:

Glândula mamária	Teto
() 0 - despigmentado	() 0 - despigmentado
() 1 – pouco pigmentado	() 1 – pouco pigmentado
() 2 - pigmentado	() 2 - pigmentado

ASPECTOS MACROSCÓPICOS DO LEITE:

- Metade esquerda:

Cor: () branco característico () amarelo () avermelhado

Consistência: () NDN

() alterado (fluído-aquoso, mucoso, caseoso, grumoso)

- Metade direita:

Cor: () branco característico () amarelo () avermelhado

Consistência: () NDN

() alterado (fluído-aquoso, mucoso, caseoso, grumoso)

EXAME MICROBIOLÓGICO DO LEITE (duplicata):

Metade esquerda: 1ª _____

2ª _____

Metade direita: 1ª _____

2ª _____